



**INÊS ALICE PINHO DE ARAÚJO PROJETO DE REESTRUTURAÇÃO DO  
ABASTECIMENTO DE UMA FAMÍLIA DE PRODUTOS  
DE UMA EMPRESA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**



**INÊS ALICE PINHO DE  
ARAÚJO**

**PROJETO DE REESTRUTURAÇÃO DO  
ABASTECIMENTO DE UMA FAMÍLIA DE PRODUTOS  
DE UMA EMPRESA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha mãe e aos meus avós, Celestino e Rosa.

## **o júri**

presidente

Prof. Doutora Maria João Machado Pires da Rosa  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Manuel Joaquim Pereira Lopes  
professor adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel  
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha família, em especial à minha mãe, pelo apoio incontestável. Sem os valores que me foram transmitidos ao longo do meu crescimento enquanto pessoa, não teria conseguido ultrapassar determinados obstáculos com os quais me deparei na minha jornada. Quero agradecer sobretudo por acreditarem em mim e me terem dado o privilégio de poder apostar na minha formação. Um bem-haja a todos vocês!

Ao meu namorado e simultaneamente melhor amigo, Renato Marinho, por toda a compreensão e paciência demonstrada nos momentos mais difíceis. Obrigada por ficares sempre do meu lado.

À Professora Dra. Carina Pimentel, pela orientação realizada ao longo do desenvolvimento do Projeto e pelo contributo dado para a obtenção do documento que é aqui apresentado.

À Epedal por me ter acolhido nas suas instalações e me ter proporcionado a oportunidade de desenvolver o Projeto que será detalhado nas páginas seguintes.

Não poderia de deixar de referenciar todos aqueles que entraram na minha vida ao longo destes cinco anos e que de alguma forma deixaram a sua marca. Gostaria de realçar o meu colega João Viveiros, por todas as gargalhadas dadas mesmo nos momentos menos risonhos.

À Eva, pelo companheirismo e carinho demonstrado.

Por último, à Universidade de Aveiro, que foi a minha segunda casa durante estes cinco anos. Fico-lhe eternamente grata pela influência que teve no percurso da minha aprendizagem.

**palavras-chave**

Métodos de abastecimento e recolha, sistema de transportadores, comboio logístico, *total cost of ownership*.

**resumo**

O presente documento reflete a essência do Projeto levado a cabo, cujo propósito residiu na apresentação de propostas alternativas ao método atual de abastecimento e recolha de postos de trabalho específicos. Por forma a propor soluções alternativas que se ajustassem ao caso prático, era preponderante perceber o que tornava o procedimento atual ineficiente. Como alternativas ao método atual levantaram-se como hipóteses a implementação de um sistema de transportadores ou o recurso a um comboio logístico. Com o intuito de comprovar a viabilidade das soluções, estudou-se o princípio de funcionamento e avaliaram-se as soluções propostas à luz dos indicadores que a organização considerava como os indicados para apoiar a tomada de decisão, sendo estes: o *Overall Equipment Effectiveness* e *Total Cost of Ownership*.

**keywords**

Supply and picking methods, conveyors, milk run, total cost of ownership.

**abstract**

In this paper the lector is going to be able to have an approach of what the Project consisted of. The main objective of the Project was to propose alternative solutions to the actual method of supply and picking up of particular workplaces. In order to conclude what solutions would suit the case study, it was necessary to first understand the philosophy behind the problem. In the end, it was considered that either a combination of two conveyors types or the milk run vehicle were two possible solutions to apply in the field. On one hand it was necessary to see if the principle of work was applied. On the other hand, it was a major issue to analyse the potential earn in the overall equipment effectiveness with the application of one of the methods and to realize also a cost analysis, based on the principle of total cost of ownership.





# Índice

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento do Projeto .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Organização do documento.....	3
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
2.1 Logística, Logística <i>Lean</i> e Logística Interna.....	5
2.1.1. Manuseamento de materiais.....	6
2.1.2. Automação: sistemas transportadores.....	9
2.1.2.1. Tapete rolante .....	11
2.1.2.2. Transportador aéreo.....	13
2.1.3. Comboio logístico .....	16
2.1.3.1. <i>Kanban</i> .....	18
2.1.3.2. Bordo de linha .....	19
2.2. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	20
2.3. Métodos e trabalho padronizado .....	21
2.3.1. Métodos .....	22
2.3.1.1. Estudo de tempos.....	23
2.3.2. Trabalho padronizado.....	25
2.4. Ferramentas de apoio à decisão.....	26
2.4.1. Análise de Pareto.....	26
2.4.2. <i>Total Cost of Ownership</i> .....	27
<b>3. Apresentação da empresa.....</b>	<b>29</b>
3.1 Processos produtivos.....	30
3.2. Produtos .....	31
3.3. Clientes .....	32
<b>4. Projeto: situação inicial .....</b>	<b>33</b>
4.1. Definição do Projeto .....	33
4.2. Caracterização da situação atual .....	33
4.2.1. Sector de soldadura robotizada.....	33
4.2.1.1. Análise ABC.....	35
4.2.1.2. Processo produtivo da família de produtos XPTO.....	36
4.2.1.3. Estudo de tempos dos Robots associados à família XPTO .....	39

4.2.2.	Armazéns .....	44
4.2.3.	Procedimento de abastecimento e recolha.....	46
4.2.4.	OEE para a família XPTO .....	50
<b>5.</b>	<b>Projeto: desenvolvimento e aplicação de melhorias .....</b>	<b>57</b>
5.1.	Capacidade dos KLT .....	57
5.2.	Levantamento da cadência de produto semiacabado e produto acabado.....	58
5.3.	Sistema de transportadores .....	60
5.3.1.	Princípio de funcionamento do automatismo .....	63
5.3.2.	Função do operador logístico .....	64
5.3.3.	Função da colaboradora da produção .....	67
5.3.4.	Equação do Manuseamento de Materiais .....	68
5.4.	Comboio logístico .....	68
5.4.1.	Definição da frequência de passagem .....	70
5.4.2.	Carruagem .....	71
5.4.3.	Bordo de linha .....	76
5.4.4.	Definição da rota de passagem.....	78
5.4.5.	Função do operador logístico .....	84
5.4.6.	Função da colaboradora da produção .....	84
5.4.7.	Equação do Manuseamento de Materiais .....	85
5.5.	Identificação das vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas .....	85
5.6.	<i>Total Cost of Ownership</i> .....	87
5.7.	Outras propostas de melhoria .....	90
<b>6.</b>	<b>Considerações finais e perspetivas de trabalho futuro .....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Fluxos inerentes à Logística.....	5
Figura 2 – Relação entre as áreas de estudo: Logística, Logística Interna e Automação.....	10
Figura 3 – Ilustração da aplicação de uma polia juntamente com o rolo amortecedor numa das extremidades.....	12
Figura 4 - Ilustração da unidade motriz aplicada na extremidade do equipamento.....	12
Figura 5 - Ilustração da unidade motriz aplicada numa posição intermédia do equipamento .....	13
Figura 6 - Exemplares de circuitos fechados para um transportador aéreo powered (à esquerda) e de um circuito aberto para um transportador aéreo free (à direita) .....	14
Figura 7 - Ilustração dos elementos constituintes de um transportador aéreo do tipo powered ..	15
Figura 8 - Unidade motriz para os transportadores aéreos powered.....	15
Figura 9- Comboio Logístico .....	16
Figura 10 - Princípio de funcionamento do comboio logístico numa linha de montagem .....	17
Figura 11 – Tarefas a desempenhar na trajetória do comboio logístico .....	17
Figura 12 – Kanban de Transporte .....	19
Figura 13 – Interação do bordo de linha com a Produção e a Logística .....	20
Figura 14 – Etapas do trabalho padronizado .....	25
Figura 15 – Documentos de apoio ao trabalho padronizado: standardized work sheet (à esquerda) e standardized work combination table (a direita).....	26
Figura 16 – Decomposição dos custos que originam o TCO.....	28
Figura 17 - Logotipo da organização .....	29
Figura 18 – Organigrama da Epedal .....	29
Figura 19 – Evolução do volume de negócios da Epedal .....	30
Figura 20 - Identificação dos setores produtivos da Epedal .....	31
Figura 21 - Produtos representativos de cada uma das principais secções produtivas: a) estampagem, b) conformação de arame/tubo, c) soldadura por resistência e d) soldadura robotizada .....	31
Figura 23 - Principais clientes do tipo OEM .....	32
Figura 22 - Principais clientes de primeiro nível .....	32
Figura 24 - Layout do sector de soldadura robotizada .....	34
Figura 25 - Análise ABC da produção do sector de soldadura robotizada .....	35
Figura 26- Enquadramento da família de produtos XPTO no sector de soldadura .....	36
Figura 27 – Esquema do processo produtivo para as referências da família XPTO.....	36
Figura 28 – Palete final dos produtos pertencentes à família XPTO.....	37
Figura 29 – Gabari de soldadura do Robot 3.....	37
Figura 30 – Representação de um posto de trabalho afeto à família XPTO .....	38
Figura 31 – a) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 52; b) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo Robot 3; c) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 47 (com outliers).....	40
Figura 32 – Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 47 sem outliers.....	41
Figura 33 – a) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 52; b) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 3; c) e d) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 47 (com e sem outliers, respetivamente) .....	41
Figura 34 - Armazém semiacabados .....	44

Figura 35 – Armazenagem de material semiacabado junto ao posto de trabalho de uma das referências pertencentes à família XPTO .....	45
Figura 36 – Armazém de produto acabado e expedição .....	45
Figura 37 – Layout do armazém de produto acabado e expedição .....	46
Figura 38 - Localização dos contentores vazios .....	46
Figura 40 - Ponto de recolha de vazios .....	47
Figura 39- Acomodação de contentores vazios no sector de estampagem .....	47
Figura 41 - Alocação de contentores com produto processado no corredor de acesso aos postos de trabalho .....	47
Figura 42 – Ponto de recolha de cheios .....	47
Figura 44 – Prática de abastecimento no posto de trabalho para um ponto de WIP mais próximo do Robot.....	48
Figura 43 - Abastecimento dos postos de trabalho em contentores de elevada capacidade .....	48
Figura 45 - Fluxos de abastecimento de material da família XPTO.....	49
Figura 46 - Fluxos de recolha do material da família XPTO.....	50
<i>Figura 47 – Duração média por turno das perdas verificadas na produção da referência 94 da família XPTO, referente ao mês de janeiro de 2016.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 48 – Duração média por turno das perdas verificadas na produção da referência 97 da família XPTO, referente ao mês de janeiro de 2016.....</i>	<i>54</i>
Figura 49 – Exemplares de KLT definidos para a família de produtos XPTO.....	57
Figura 50 -Idealização do layout para a aplicação do sistema de transportadores.....	61
Figura 51 – Representação da estimativa da área libertada em m <sup>2</sup> por posto de trabalho com esta solução de transporte.....	62
Figura 52 – Fluxograma referente ao processo de abastecimento por meio do tapete rolante.....	63
Figura 53 – Fluxograma referente ao processo de recolha por meio do transportador aéreo .....	64
Figura 54 – Equação do manuseamento de materiais para o sistema de transportadores .....	68
Figura 55 – Idealização do layout para a implementação do comboio logístico .....	69
Figura 56 – Representação da estimativa da área libertada por posto de trabalho e no sector de soldadura.....	70
Figura 57 – Ilustração do pesos teóricos recomendados para a elevação e descida manual de cargas .....	72
Figura 58 – Protótipo final da carruagem .....	75
Figura 59 – Rodízios que integram a carruagem idealizada.....	75
Figura 60 – a) Esboço do bordo de linha das referências 94, 95 e 97; b) Esboço do bordo de linha das referências 181/182 e 69.....	76
Figura 61 – Kanban de transporte idealizado .....	78
Figura 62 – Corredor transversal do armazém de produto acabado e expedição.....	82
Figura 63 – Raio de curvatura do comboio logístico .....	82
Figura 64 – Interseção do corredor de subcontratados com o de estampagem .....	83
Figura 65 – Simulação da manobra de mudança de direção efetuada pelo comboio logístico .....	83
Figura 66 – Equação do Manuseamento de Materiais para o comboio logístico.....	85
Figura 67 – TCO para o cenário da aquisição de todos os equipamentos de raiz.....	88
Figura 69 –Hierarquia das alternativas com base na análise TCO .....	89
Figura 68 – TCO sob a ótica do investimento efetivo a realizar.....	89
Figura 70 – Comparação da solução existente no layout de posto para inspeção e aglomeração de peças a priori e a posteriori da reformulação do conceito .....	92

Figura 71 – Bancada idealizada para a referência 69.....	92
Figura 72 – Bordo de linha para a referência 69.....	93
Figura 73 – Bordo de linha para a referência 97.....	94
Figura 74 – Impacto estimado na área de chão de fábrica ocupada no sector com a implementação das melhorias .....	94

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – As “Seis Principais Perdas” para a contabilização do OEE .....	20
Tabela 2 – Número de observações recomendadas tendo por base o tempo de ciclo .....	24
Tabela 3 – Resumo das estatísticas descritivas para as amostras dos tempos de ciclo .....	40
Tabela 4 – Estatísticas descritivas para a distribuição do Robot 47 sem outliers.....	41
Tabela 5- Teste de Normalidade .....	42
Tabela 6 – Resumo da dispersão amostral.....	43
Tabela 7 – Resultado do estudo de tempos para os Robots dedicados à família XPTO .....	51
Tabela 8 – Identificação das perdas existentes na produção da família XPTO .....	53
Tabela 9 – Comparação dos resultados do OEE.....	55
Tabela 10 – Definição de embalagem dos componentes e produto acabado das referências que integram a família XPTO.....	58
Tabela 11 – Resumo das estatística descritivas para as amostras mais recentes .....	59
Tabela 12 – Levantamento da necessidade horária de abastecimento.....	65
Tabela 13 – Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual de abastecimento e recolha e no sistema de transportadores .....	67
Tabela 14 – Levantamento da necessidade horária de abastecimento e recolha.....	71
Tabela 15 – Processo evolutivo da conceção da carruagem.....	73
Tabela 16 – Duração associada à troca de KLT aquando do trajeto do comboio logístico.....	80
Tabela 17 – Duração de cada circuito possível para o comboio logístico.....	80
Tabela 18 - Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual de abastecimento e recolha e no sistema que integra o comboio logístico.....	84
Tabela 19 – Vantagens e desvantagens que cada sistema de transporte possui para o caso prático .....	85

## Índice de Equações

Equação 1 .....	21
Equação 2 .....	21
Equação 3 .....	21
Equação 4 .....	21
Equação 5 .....	21
Equação 6 .....	21
Equação 7 .....	22
Equação 8 .....	35
Equação 9 .....	56



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do Projeto

O documento que se apresenta neste texto descreve o Projeto desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro. Este foi levado a cabo na empresa Epedal – Indústria de Componentes Metálicos S.A, localizada em Sangalhos.

Aumentar a competitividade tem-se tornado o lema de muitas organizações, como forma de sobreviver no mercado de trabalho à escala global. Numa entidade de carácter industrial (que é o caso em foco), a função produtiva desempenha um papel fulcral para o seu sucesso, uma vez que esta é o movimento impulsionador da organização (Freivalds & Niebel, 2012). Neste sentido, estas entidades deverão proceder a um estudo constante com o fim de melhorar a performance dos seus sistemas produtivos e, conseqüentemente, reduzir os custos associados (Andersson & Bellgran, 2015; Freivalds & Niebel, 2012). Como forma de rastrear os sistemas produtivos, estão ao alcance diversas métricas, podendo citar-se como indicadores mandatórios a produtividade e o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Andersson & Bellgran, 2015).

São inúmeras as vertentes passíveis de se envergar para a melhoria de um dado sistema logístico, nomeadamente ao nível do desenho de armazém, seleção de equipamentos de manuseamento de materiais, desenho de fluxos, entre outros (Kilic, Durmusoglu, & Baskak, 2012). É neste contexto que surge a relevância da operacionalização da Logística Interna como complemento da Produção. Isto porque, a Logística Interna é responsável pelo fluxo de materiais existentes dentro das delimitações da organização. Traduzindo, as atividades de abastecimento e recolha das linhas de produção estão sob a alçada da Logística Interna.

A nível mundial tem-se preconizado a filosofia *Lean* como forma de responder à competitividade que as organizações atentam (Andersson & Bellgran, 2015). Esta filosofia aponta sete categorias de desperdícios (Pinto, 2014), sendo que para este Projeto assume especial pertinência o desperdício do transporte e movimentações. Neste seguimento, é imperativo que as atividades de abastecimento e recolha sejam prosseguidas do modo mais eficiente (fazer do modo mais correto perante os recursos existentes) e eficaz (fazer o que é solicitado) plausível, com vista ao objetivo de melhorar a performance dos sistemas produtivos.

É neste enquadramento que surge a essência do Projeto descrito neste documento, visando a melhoria do abastecimento e recolha do material que se encontra na Produção (ou seja, a melhoria do sistema de manuseamento de materiais), especificamente do sector de soldadura robotizada da empresa. Para tal, procedeu-se ao estudo de diversas alternativas que poderão responder ao pretendido, em detrimento do atual sistema praticado, com recurso ao empilhador e *stacker*. Assim sendo, confrontou-se a viabilidade da implementação de um sistema de transportadores, de um comboio logístico, bem como de sistemas que resultem da conjugação dos anteriores. Importa referir que uma das principais preocupações que deve ser atendida aquando do desenho de um sistema de manuseamento de materiais é a escolha do equipamento certo para o efeito (Kilic et al., 2012).

## 1.2. Objetivos

O objetivo máximo deste Projeto prende-se com a definição de uma solução de abastecimento e recolha de material do sector de soldadura robotizada da empresa, com vista ao aumento do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). O estudo do indicador incidiu unicamente nos Robots que se encontram afetos à produção da família de produtos designada de XPTO.

Tendo por base a geometria inerente a esta família de produtos, torna-se possível propor a implementação de um sistema de transportadores. Por outro lado, é conhecido que o sistema de abastecimento e recolha designado por comboio logístico possui flexibilidade para transportar um amplo espectro de materiais com geometrias discrepantes. Neste sentido, estas duas soluções foram alvo de estudo, por forma a averiguar qual o sistema que se apresenta congruente com os requisitos da organização. Desta feita, a substância deste Projeto passa pelo estudo de comparação entre estes dois sistemas, nomeadamente ao nível do impacto no *layout*, modo de operação, elementos necessários ao seu funcionamento, bem como a caracterização dos custos associados à solução definida, através de uma análise *Total Cost of Ownership* (TCO).

Através deste estudo, a organização passou a ficar consciente de quais as condicionantes e benefícios de cada um dos sistemas, quais os elementos que são necessários e o investimento que será necessário realizar, caso optem pela mudança. Desde o início ficou acordado que este estudo teria apenas o propósito de desmistificar a viabilidade de uma implementação futura.

Note-se que com qualquer uma das soluções aludidas, está subjacente a melhoria do fluxo de materiais correspondente ao abastecimento e recolha. Em consequência desta melhoria, a minimização de *Work in Process* (WIP) nos postos de trabalho (e numa última instância no sector) será igualmente conseguida. A concretização deste último objetivo irá possibilitar a libertação de área no chão de fábrica, que poderá ser usufruída para outras atividades com maior valor acrescentado.

## 1.3. Metodologia

A metodologia assumida neste Projeto compreende diversas etapas, que agregadas permitiram dar o fruto que é aqui apresentado. A revisão bibliográfica foi a base para a aquisição de conteúdos teóricos e o enquadramento do que poderia ser aplicado no contexto prático. Por outro lado, a fase de levantamento do paradigma atual para a família de produto XPTO foi fulcral e encontra-se dividida em diversas fases, nomeadamente:

- Período de observação do modo de funcionamento dos postos de trabalho e consequente modo de abastecimento e recolha;
- Identificação de paragens que as máquinas (Robots) assumiam e as suas causas (através de observação e aplicação de uma folha de registo);
- Estudo de tempos de operação;

Seguidamente, procedeu-se ao tratamento de dados através da quantificação das perdas e consequente cálculo do OEE atual e alcançável com um novo sistema de abastecimento e recolha. Por forma a sustentar a tomada de decisão face aos sistemas equacionados, foi elaborada uma análise TCO. Para o efeito, revelou-se a necessidade de desenhar *a priori* todos os aspetos que concernem aos sistemas, de modo a poder contabilizar o seu impacto no custo.



Ao longo do desenvolvimento do Projeto foram realizadas algumas reuniões com possíveis fornecedores dos sistemas de abastecimento e recolha em causa, com vista a conhecer o seu parecer e obter orçamentos.

#### 1.4. Organização do documento

O documento encontra-se segmentado em seis capítulos, que poderão encontrar-se por sua vez subdivididos em vários tópicos, com o intuito de levar o leitor a ter uma clara elucidação do Projeto desenvolvido.

No **Capítulo 2** encontra-se a revisão bibliográfica, onde são abordados os temas subjacentes ao desenvolvimento do Projeto. Este capítulo permitirá ao leitor adquirir um conhecimento mais profundo e que servirá de alicerce para o restante trabalho desenvolvido.

No **Capítulo 3** apresenta-se uma breve introdução da organização onde foi levado a cabo o Projeto, ao nível da explicitação da sua atividade produtiva, dos produtos que a caracterizam, bem como os seus principais clientes.

O **Capítulo 4** por sua vez, já introduz o intuito do Projeto e demonstra a sua necessidade, através do enquadramento realizado do paradigma atual do sector de soldadura robotizada e de todos os elementos que intervêm no processo de abastecimento e recolha.

Sucedem-se os **Capítulos 5**, onde consta o trabalho desenvolvido no que concerne ao estudo de viabilidade de cada um dos sistemas de transporte propostos, bem como a alusão a algumas melhorias que se encontram igualmente relacionadas com a família de produtos em foco.

Por último, mas não menos importante, apresenta-se o **Capítulo 6**, onde são delineadas algumas conclusões finais e perspetivas de trabalho futuro.



## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 Logística, Logística *Lean* e Logística Interna

As primeiras iniciativas no âmbito da Logística tiveram origem na área militar (Christopher, 2005), daí a sua génese semântica (Mangan, Lalwani, & Butcher, 2008). Outrora, salientavam-se as seguintes atividades que integravam a estratégia logística militar: abastecimento, transporte, manutenção, evacuação e hospitalização dos feridos e serviços complementares (Carvalho, 2010).

Atualmente, diversas definições relativas ao conceito surgem no seio da comunidade científica, podendo apontar-se a título ilustrativo a do Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) (2010, citado por Carvalho, 2010, p.24). Esta indigita que a “Logística ou Gestão Logística é uma parte da Cadeia de Abastecimento e que é responsável por planejar, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo de forma a ir ao encontro dos requisitos/necessidades dos clientes.”

De uma forma generalista, pode-se advogar que o intuito da Logística é o de planejar o fluxo de material (e consequente armazenagem) e de informação, por forma a ir de encontro com as necessidades do mercado (Christopher, 2005; Rushton, Croucher, & Baker, 2010). Neste sentido, importa ressaltar que o âmbito de intervenção da Logística vai para além das delimitações físicas da entidade patronal, estendendo-se à gestão das matérias-primas até à entrega do produto final (Christopher, 2005), tal como a Figura 1 ilustra. Desta feita, torna-se imperativo que a Logística seja integrada nas restantes funções da organização, destacando-se o marketing e as vendas (CSCMP, 2010, citado por Carvalho, 2010, p. 24).

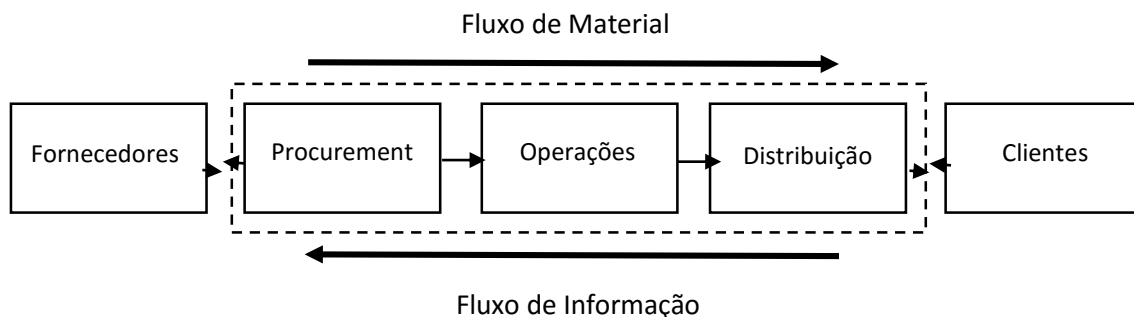


Figura 1 – Fluxos inerentes à Logística  
Adaptado de: Christopher (2005)

Numa tentativa de esclarecer quais as atividades desempenhadas pela Logística, podem-se nomear: “...a gestão do transporte de entrada e de saída; gestão da frota; gestão da armazenagem; gestão de materiais e o seu manuseamento; gestão da resposta a encomendas; desenho da rede Logística; gestão de inventários; planeamento do abastecimento e da procura e gestão dos prestadores de serviços Logísticos” (CSCMP, 2010, citado por Carvalho, 2010, p.24).

Por sua vez, a Logística *Lean* tem-se tornado um conceito emergente, que assenta na filosofia *Lean Thinking*. Segundo Baudin (2004, citado por Kilic et al., 2012, p. 1136), a Logística *Lean* é definida como sendo a parte Logística integrante do *Lean Manufacturing* e a sua aplicação pode ser comprovada em três meios: Logística de Entrada (do fornecedor para a fábrica), Logística Interna e

Logística de Saída (da fábrica para o cliente). Neste seguimento, os principais desperdícios que a Logística *Lean* visa erradicar são: os transportes desnecessários, tempos de espera, movimentos excedentes e elevado volume de inventário (Arnold et al., 2008, citado por Gyulai, Pfeiffer, Sobottka, & Váncza, 2013, p. 127), por forma a obter um sistema onde todas as atividades que não acrescentam valor sejam eliminadas, ou seja, obter um sistema “magro” (Antunes, Sousa, & Eusébio, 2013). O manuseamento de materiais destaca-se como sendo um dos setes desperdícios que o *Lean Manufacturing* proclama (Kilic et al., 2012).

Por outro lado, a Logística Interna é um conceito integrante da Logística (sendo esta *Lean* ou não), sendo que o seu espectro de ação é mais limitado. Segundo Jonsson (2008, citado por Granlund, 2011, p. 1), a Logística Interna concerne às atividades logísticas levadas a cabo dentro das delimitações físicas de uma organização, nomeadamente o manuseamento de materiais, a armazenagem e a embalagem. Neste sentido, pode-se afirmar que a Logística Interna visa otimizar o fluxo interno de materiais e de informação.

### 2.1.1. Manuseamento de materiais

*“Uma das atividades mais antigas desempenhadas pelo engenheiro industrial é a definição do layout fabril e do manuseamento de materiais.”, Apple (1977)*

O *design* das instalações fabris é um conceito amplo que compreende a definição da localização da instalação e estrutura arquitetónica, desenho do *layout* fabril e o manuseamento de materiais (Meyers & Stephens, 2005). Neste sentido, o *design* das instalações apresenta-se como sendo de ordem macroscópica face aos restantes conceitos que o integram.

O *layout* fabril é caracterizado por definir a estrutura da atividade produtiva, através da alocação física de máquinas, equipamentos (inclusive de manuseamento de materiais), colaboradores, postos de trabalho e todo o restante enredo fabril subjacente, que irá permitir que um determinado *input* se transforme no desejado *output*, aquando da saída de um processo, linha de montagem, ou até mesmo de uma secção (Meyers & Stephens, 2005).

Diversos intelectuais dedicaram-se ao estudo do manuseamento de materiais, no entanto constata-se ainda alguma controvérsia no que diz respeito à sua definição, não havendo uma que seja universalmente aceite (Apple, 1977). De uma forma generalista, o manuseamento de materiais poderá definir-se como sendo o material em movimento. Segundo Coyle et al., (1992, citado por Kay, 2012, p. 1), o manuseamento de materiais compreende a movimentação de curtas distâncias dentro das delimitações físicas de uma entidade, nomeadamente uma fábrica ou armazém, ou entre uma entidade e uma agência transportadora. Meyers & Stephens (2005) afirmam que é a movimentação do material certo, para a localização certa, no momento certo, na quantidade certa, em sequência e na devida posição ou condição, por forma a minimizar os custos de produção. A American Society of Mechanical Engineers (n.d., citada por Meyers & Stephens, 2005, p. 287) acrescenta ainda que o manuseamento de materiais é uma arte e uma ciência que se prende não só com a movimentação em si, mas também com a embalagem e armazenamento de material.

Neste seguimento, e descortinando o que se entende por manuseamento de materiais, poderá afirmar-se que se encontram cinco dimensões associadas a este conceito, sendo estas: movimentação, quantidade, tempo, área e controlo. A dimensão da movimentação, tal como o nome induz, é o transporte de material de uma dada localização para outra que o requisite. Associada a esta movimentação, ressaltam todas as restantes dimensões identificadas. O material a ser transportado deverá ter definida: uma quantidade (o que irá condicionar a tipologia de

equipamento); uma frequência de transporte (que irá influenciar diretamente o WIP nas localizações intermédias do processo ou excesso de inventário na localização final); e uma área a ser ocupada pelos equipamentos do sistema, bem como as eventuais filas de espera geradas. Por último, o controlo encontra-se estreitamente relacionado com a devida identificação do material a ser transportado, gestão de inventário, entre outros (Meyers & Stephens, 2005).

Desta feita, o manuseamento de materiais encontra-se de mãos dadas com o *layout* fabril, na medida em que o sistema definido para o manuseamento de materiais tem de estar contemplado no *layout*, bem como o sistema de manuseamento de materiais tem de ser desenhado tendo em consideração a tipologia de *layout* que está a ser esboçada. Sendo assim, a mudança de um, implica a mudança do outro (Kilic et al., 2012; Meyers & Stephens, 2005).

É comum a percepção de que o manuseamento de materiais apenas acrescenta custos ao produto, não acrescentado valor ao mesmo (Kay, 2012). De facto, não acrescenta valor ao produto em si, contudo é uma atividade logística crítica para várias áreas, nomeadamente na organização da produção e desenho da armazenagem, bem como na eficiência desta mesma armazenagem (Carvalho, 2010).

Por forma a refutar o que se apresenta como verdade no conhecimento geral das entidades industriais, Apple (1977) afirma que o objetivo máximo do manuseamento de materiais é a redução dos custos de produção, através da concretização dos seguintes subobjetivos:

- Aumentar a capacidade;
- Melhorar as condições de trabalho;
- Melhorar o serviço ao cliente;
- Reduzir custos;
- Melhorar a utilização do equipamento e área disponível.

McGuire (2010) acrescenta ainda que a devida implementação de equipamentos de manuseamento de materiais dá-se com o objetivo último de apaziguar, se não mesmo extinguir, a componente manual nesta atividade logística. Desta forma, o modo como se processa a atividade de manuseamento de materiais, bem como o *layout* fabril existente, possuem um impacto notório na produtividade e rentabilidade de uma organização industrial (Meyers & Stephens, 2005).

Os projetos levados a cabo no âmbito do manuseamento de materiais são extremamente desafiantes, pois encontram-se interligados com diferentes áreas da organização sendo, portanto de elevada complexidade. Por forma a conduzir o profissional que se encontre embrenhado nesta atividade, é aqui apresentada uma proposta metodológica de abordagem ao problema numa primeira instância. Esta metodologia é frequentemente designada por “Equação do Manuseamento de Materiais” e é sustentada por um conjunto de seis questões que devem ser dirigidas (Apple, 1977; Meyers & Stephens, 2005). É de extrema importância que esta metodologia se aplique de forma sequencial e que seja dedicado o devido cuidado a cada um dos tópicos, sob pena do insucesso do sistema de manuseamento de materiais obtido.

1. **“Porquê fazer?”** – A primeira questão que se levanta é o porquê da necessidade de realizar determinado movimento. Caso não surja uma resposta plausível para a natureza deste, poderá equacionar-se a sua eliminação. É nesta etapa que se espera que haja uma reflexão mais profunda sobre as lacunas ou potencialidades reais do sistema atual, levando a uma clara identificação do problema.

2. **“O quê?”** – Seguidamente, identifica-se qual ou quais os materiais (ou itens) a serem transportados e que serão objeto de análise subsequente. É igualmente relevante caracterizar o material em causa, quer através da sua conformidade geométrica, quer através da definição da quantidade prevista a ser transportada.
3. **“Onde?” e “Quando?”** - Nesta fase, pretende-se definir qual a movimentação a ser realizada, quer ao nível do trajeto a ser percorrido, quer ao nível da frequência.
4. **“Como?” e “Por quem?”** – Por fim, através de que meios e por que entidades é que a movimentação se irá realizar. Nesta fase, o profissional irá definir o método.

Não existe uma fórmula que se possa aplicar aquando do desenho de um sistema de manuseamento de materiais dada a complexidade e singularidade que estes problemas apresentam (Kay, 2012). Numa tentativa de definir algumas linhas orientadoras a ter em consideração no esboço destes sistemas, foram definidos os “Os Dez Princípios do Manuseamento de Materiais” pelo Material Handling Institute (n.d.) que se apresentam de seguida:

1. **Princípio do planeamento:** todos os sistemas implementados deveriam ser fruto de um planeamento prévio, onde são definidas as necessidades, objetivos de desempenho e especificações funcionais. De uma forma simplista, um plano de manuseamento de materiais define os materiais (quais) e os movimentos (quando e onde); juntos definem o método (como e quem).
2. **Princípio da estandardização:** os métodos de manuseio de materiais, equipamentos, controlos e *softwares* deverão ser estandardizados de acordo com objetivos de desempenho a alcançar e sem sacrificar a flexibilidade necessária, a modularidade e eventuais mudanças nas necessidades futuras no fluxo de material a ser movimentado.
3. **Princípio do trabalho:** o trabalho de manuseamento de materiais deverá ser minimizado sem sacrificar a produtividade ou o nível de serviço requerido pela operação. A medida de trabalho é o fluxo de material movimentado (volume, peso ou capacidade) multiplicado pela distância percorrida.
4. **Princípio da ergonomia:** as capacidades e limitações humanas devem ser reconhecidas e respeitadas na definição das tarefas de manuseamento de materiais e equipamentos associados, por forma a garantir a segurança e eficácias das operações.
5. **Princípio de unidade de carga:** as unidades de carga deverão ser devidamente dimensionadas e configuradas de modo a atingir os objetivos exigidos do fluxo de materiais e inventário em cada ponto de abastecimento. Unidade de carga é aquela que pode ser armazenada ou movimentada como sendo uma única entidade num determinado período de tempo (nomeadamente palete, embalagem ou contentor), independentemente do número de itens individuais que perfazem a carga.
6. **Princípio da utilização do espaço:** a utilização eficaz e eficiente deverá ser feita em todo o espaço disponível.
7. **Princípio de sistema:** as atividades de movimentação e armazenamento de materiais deverão ser completamente integradas para criar um sistema operacional e coordenado.

8. **Princípio da automação:** as operações de manuseamento de materiais deverão ser mecanizadas e/ou automatizadas sempre que exequível, de modo a melhorar a eficiência operacional, aumentar a capacidade de resposta, melhorar a consistência e previsibilidade. Para além do mais, este princípio visa diminuir custos de operação e eliminar trabalho manual repetitivo potencialmente inseguro (Freivalds & Niebel, 2012).
9. **Princípio ambiental:** o impacto ambiental e consumo de energia deverão ser considerados como critérios aquando do desenho ou seleção de equipamentos alternativos e sistemas de manuseamento de materiais.
10. **Princípio ciclo de vida do custo:** uma análise económica rigorosa deverá compreender todo o ciclo de vida, de todos os equipamentos de manuseamento de materiais e sistemas resultantes.

Estes princípios pretendem apenas ser linhas mestras para os aspirantes a profissionais do âmbito do manuseamento de materiais, não querendo ditar a sua utilização em todo e qualquer contexto. Não raras vezes, as tentativas de mecanizar ou automatizar os sistemas resultam em fracasso aquando da implementação destes. Poderá suceder-se que o sistema é de facto mais vantajoso sob a forma manual (Apple, 1977).

Neste sentido, é necessário que haja a consciência de que se deverá estudar a singularidade de cada problema e apresentar soluções que de facto tragam mais-valias, ao invés de estas regerem-se pelas mudanças mais frequentemente assinaladas. Tendo em conta que se esta atividade logística não for idealizada e gerida eficientemente, poderá conduzir a resultados pouco conducentes com o ideal de uma organização competitiva, quer devido ao desempenho de atividades que não acrescentam valor, quer devido ao investimento em recursos que estão a ser pouco proficientes na resolução das necessidades da empresa.

Sumariamente, o princípio que deve estar sempre em mente é de que quanto menos o material for manuseado, melhor este é manuseado (Freivalds & Niebel, 2012).

#### 2.1.2. Automação: sistemas transportadores

A mecanização e automação são dois conceitos que apesar de díspares, apresentam alguma interligação. Estes serão alvo de análise nesta secção.

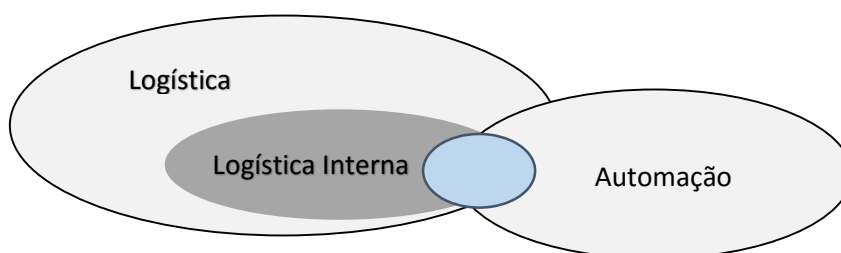
A mecanização de um sistema prende-se com o fornecimento de energia por forma a atenuar ou erradicar a componente manual. No que diz respeito à movimentação de materiais, pode-se destacar o uso de ferramentas mecânicas (tal como carrinhos-de-mão, porta paletes, entre outros) que auxiliam os colaboradores no exercício da sua função (Meyers & Stephens, 2005).

Por outro lado, a automação é uma tecnologia que combina a mecânica, eletrónica e sistemas baseados em computadores, que visa a produção e respetivo controlo. A sua aplicação num dado ambiente fabril pode ser constatada através das atividades que se seguem: processamento, montagem, inspeção ou manuseamento de materiais. Estas atividades são levadas a cabo com diminuta intervenção do capital humano, podendo até dar-se a sua inexistência (Groover, 2000).

Podem-se citar alguns dos principais motivos que levam as entidades a envergar pela automatização, nomeadamente: aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção, mitigar ou eliminar tarefas manuais e melhorar a segurança do colaborador (Groover, 2000).

Não obstante ao facto da automatização ser tida como vanguardista, nem sempre é a resposta mais apropriada para determinado paradigma, devendo ser apenas empregue quando for devidamente justificada a sua necessidade (Groover, 2000; Meyers & Stephens, 2005).

Segundo Carvalho (2010), para o desempenho da atividade logística em foco ressaltam diversas tipologias de equipamentos mecânicos, nomeadamente transportadores e/ou instrumentos mecânicos de transporte de materiais, entre outros. É neste âmbito que surgem os transportadores como equipamentos (de manuseamento de materiais) do foro mecânico e/ou automático, consoante a definição explanada de ambos. A Figura 2 visa esquematizar a relação entre a Logística, Logística Interna e automação.



*Figura 2 – Relação entre as áreas de estudo: Logística, Logística Interna e Automação*  
Adaptado de: Granlund (2011)

Como referido anteriormente, nenhum equipamento destinado ao manuseamento de materiais irá transferir valor direto para o produto, na medida em que nenhuma característica é modificada aquando do seu emprego. No entanto, possuem um propósito muito claro que se manifesta através da prossecução dos seguintes objetivos (McGuire, 2010):

- Reduzir o manuseamento de materiais desenvolvido de forma manual;
- Desempenhar todas as atividades de manuseamento ao mais baixo custo plausível;
- Eliminar tanto quanto possível as operações manuais;
- Atenuar a carga de trabalho dos colaboradores;
- Melhorar as condições ergonómicas a que os colaboradores estão sujeitos;
- Melhorar o fluxo de trabalho entre operações;
- Proporcionar rotas para o desenvolvimento de fluxos de trabalho inteligentes;
- Aumentar a taxa de transferência de material;
- Conduzir o material/produto ao seu local de destino, que de forma manual acarretaria problemas de segurança.

Os transportadores, independentemente da sua génese, deverão ser implementados quando se constata um elevado volume de materiais com necessidade de movimentação, num dado percurso imutável para um período de médio-longo prazo (Apple, 1977; Groover, 2000). Nesta categoria de equipamento de manuseamento de materiais é passível de se encontrar uma panóplia de soluções. Estes sistemas poderão ser implementados ao nível do solo, abaixo ou acima deste. Para além do mais, podem ser distinguidos dois grandes segmentos deste tipo de sistema: *non-powered* (sistemas apenas mecânicos) e os *powered* (incorporam os sistemas automatizados) (Groover, 2000).



Quando se leva a cabo um projeto desta natureza, tem de ser assegurado que a estrutura arquitetónica da instalação fabril se encontra capaz de suportar o peso adicional que estes sistemas irão introduzir no ambiente (McGuire, 2010).

Importa ressaltar que o recurso a transportadores se torna menos económico quando se averigua a necessidade de carga e descarga destes equipamentos com elevada frequência. Esta ilação é corroborada principalmente quando estas atividades necessitam da intervenção humana (Apple, 1977).

Neste documento serão apenas objeto de estudo dois exemplos distintos que integram a família dos transportadores, sendo estes: o tapete rolante e o transportador aéreo.

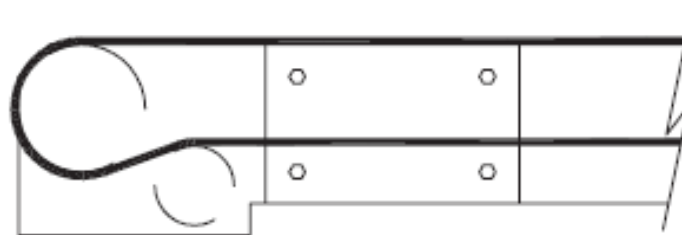
#### 2.1.2.1. Tapete rolante

Este tipo de equipamento é o mais requisitado da família dos transportadores. Tal facto poderá dever-se ao seu custo de aquisição mais apetecível face aos restantes elementos disponíveis no mercado, bem como a multidisciplinaridade de aplicações que apresenta (McGuire, 2010). O tapete rolante é o mais apropriado quando se pretende transportar material segundo um trajeto longo, sem desvios e sob o plano horizontal (Sanford, 1998).

Também neste contexto se verificam diferentes soluções que demonstram especificidades ímpares. Para este estudo, irá apenas ser retratado o tapete rolante plano, ou seja, não serão compreendidas as soluções com inclinações. No que concerne ao modo de funcionamento do equipamento em indagação, coexistem certos dispositivos que são pilares do cumprimento da função do transportador. Estes serão cuidadosamente identificados nesta secção.

O tapete em si poderá ser feito de borracha, plástico, metal ou couro (Apple, 1977). O lado reverso deste poderá ser de um material distinto daquele que está em contacto com a carga a transportar (Sanford, 1998). Dependendo do comprimento do conjunto final pretendido, o sistema obtido poderá ser constituído por várias secções sucessivas de tapete rolante, que perfazem o comprimento total (McGuire, 2010). Cada uma destas secções de tapete rolante possui o tapete dividido em duas fases: por um lado tem-se parte do tapete afeto à movimentação do material, enquanto a outra se encontra na fase de retorno (Groover, 2000). Como forma de suporte ao material que constitui o tapete propriamente dito, existe uma estrutura que poderá ser uma agregação de rolos ou uma base plana de metal, sendo que estas duas alternativas respondem a necessidades distintas. Usualmente, os rolos representam uma solução com um preço de aquisição mais elevado, pois o mecanismo associado faculta menos atrito entre as partes em contacto (McGuire, 2010).

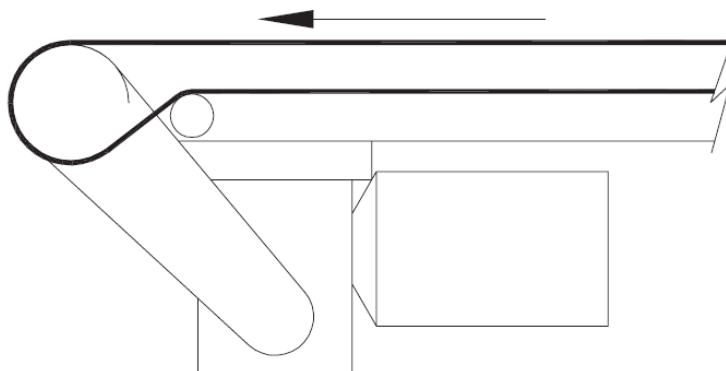
Nesta categoria de transportador, verifica-se a aplicação de dispositivos que são colocados imperativamente na sua extremidade, ou caso se constate, em cada uma das secções que constitui o equipamento (Figura 3). Estes são frequentemente designados de polias (assumindo uma forma à semelhança de um rolo) e visam possibilitar o retorno do tapete que se encontra em constante movimentação (McGuire, 2010). Poderão encontrar-se variações no modelo aplicado, nomeadamente ao nível do diâmetro da polia, consoante o fim pretendido. É trivial a implementação de um rolo amortecedor, junto das polias, com o intuito de manter o tapete centrado e assegurar a superfície de contacto com estas mesmas polias (McGuire, 2010; Sanford, 1998).



*Figura 3 – Ilustração da aplicação de uma polia juntamente com o rolo amortecedor numa das extremidades*

Fonte: McGuire (2010)

Todos os tapetes rolantes necessitam de um motor propulsor do movimento. A unidade motriz é constituída por um motor elétrico acoplado a uma polia. O princípio de funcionamento de um tapete rolante é dado pelo atrito que se cria entre o material que constitui o tapete e a polia da unidade motriz. Quanto maior a superfície de contacto entre as partes, melhor o desempenho (McGuire, 2010). O motor irá induzir o movimento giratório nesta, e consequentemente, impulsionar o movimento do tapete. Esta unidade motriz poderá ser alocada em dois lugares distintos nestes equipamentos. Por um lado, poderá dar-se numa das extremidades (Figura 4), deixando de haver a necessidade da utilização de uma das polias na sua forma mais simples e já anteriormente aludidas nesta localização. Este cenário é tipicamente aplicado em equipamentos de menores dimensões, unidireccionais e que tenham o propósito de susterm cargas de menores dimensões (Sanford, 1998). Tem igualmente associado um custo mais económico, no entanto encontra uma limitação: durabilidade da sua atuação. (McGuire, 2010).



*Figura 4 - Ilustração da unidade motriz aplicada na extremidade do equipamento*

Fonte: McGuire (2010)

Outra hipótese é a aplicação desta unidade ao longo do tapete, sendo idealmente colocada na última terça parte deste (Figura 5). A vantagem desta alternativa reside no facto de reduzir a quantidade de tapete sob tensão, e assim sendo, preservar o seu ciclo de vida útil (McGuire, 2010). É notória a sua aplicação para fins que impliquem cargas de médio a elevado peso, bem como em sistemas bidireccionais (Sanford, 1998).

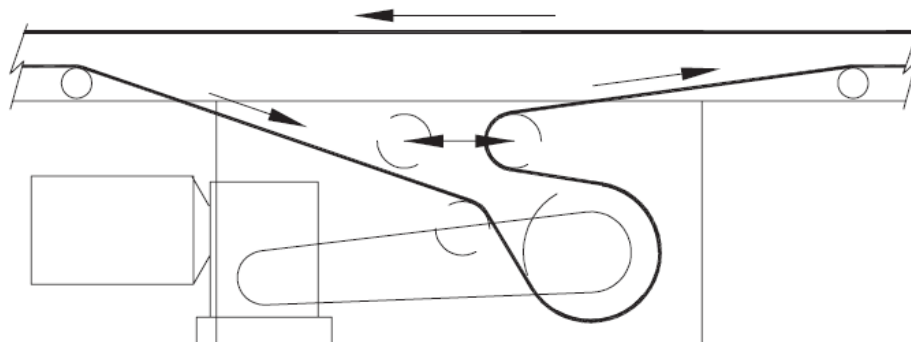


Figura 5 - Ilustração da unidade motriz aplicada numa posição intermédia do equipamento  
Fonte: McGuire (2010)

Por último, um outro elemento que assume igualmente relevo nesta categoria de transportador é um dispositivo que permita regular a tensão que é criada no tapete. Estes dispositivos encontram-se aparafusados numa das extremidades da estrutura do equipamento ou das secções que o constituem (McGuire, 2010). Isto pois, é necessário criar as condições adequadas para o funcionamento do tapete rolante, na medida em que se o material que constitui o tapete estiver demasiado solto ou esticado, poderá conduzir ao uso inadequado do transportador, e numa última instância levar a inconformidades. Existem duas variantes para este dispositivo: o manual e o automático. O manual requer que o ajuste da tensão seja prosseguido manualmente, enquanto o automático faz uso de um sistema de molas ou de cilindros. O intuito deste dispositivo é o de manter a tensão igualitária em cada ponto do tapete (McGuire, 2010).

Em suma, estes equipamentos não são desenhados com o intuito de acumular material no seu trajeto, verificando-se antes um fluxo contínuo do material pelo percurso definido (McGuire, 2010).

#### 2.1.2.2. Transportador aéreo

Torna-se pertinente elucidar o leitor que nesta tipologia de transportador existem igualmente diversas soluções facultadas no mercado. Para além das alternativas supracitadas (*non-powered* e *powered*), nesta opção existe ainda a variação *power and free*. Ao invés da designação *non-powered*, sobrepõe-se a denominação de transportador aéreo *free*, junto da comunidade científica que se dedica ao tema. Cada um destes sistemas (*free*, *powered* e *power and free*) detém características próprias, mas que servem o mesmo propósito: o da movimentação de material suspenso dentro da instalação fabril, libertando área valiosa no chão de fábrica. Esta é a principal vantagem que estes equipamentos assumem face aos restantes elementos da família dos transportadores (McGuire, 2010).

Independentemente da categoria de sistema aéreo solicitado, verifica-se a partilha da aplicação de determinados elementos. Qualquer um destes sistemas necessita de: uma calha, um conjunto de *trolleys* e *carriers*. A calha é a unidade estrutural fixa e que dita o percurso a ser realizado pelo material. Este elemento poderá ainda apresentar alternativas no que diz respeito à sua configuração, que poderá ser reta ou curvilínea (ambas no mesmo plano); ou inclinada (McGuire, 2010). A existência de uma corrente apenas se constata nos sistemas *powered* e *power and free*. Esta encontra-se incorporada na calha e, em paralelismo, ligada a uma roda motriz que irá fornecer a energia necessária para o movimento da corrente. Os *trolleys* são igualmente incorporados na calha, geralmente de forma equidistante, sofrendo movimentação sob ação da corrente, bem como por ação manual ou gravítica no caso dos sistemas *free* (Groover, 2000). A cada *trolley* encontra-se acoplado um *carrier*, que é a unidade que permite o transporte da carga suspensa de modo

equilibrado, havendo diferentes configurações disponíveis, sendo que o seu *design* deve estar em analogia com o material a ser transportado (McGuire, 2010).

Importa ainda salientar que o transporte poderá dar-se em circuito fechado ou aberto. Num circuito fechado observa-se a cobertura da corrente e dos *trolleys* por meio da calha, não ficando estes elementos visíveis. Nesta solução, os *trolleys* passam a ser incorporados ao mesmo nível da corrente (Figura 6). Esta solução tem vantagens associadas, nomeadamente ao nível da segurança, não obstante o seu custo de aquisição mais elevado. Por oposição, num circuito aberto a corrente (quando aplicável) e os *trolleys* encontram-se incorporados sob a calha, estando mais propensos a contacto com o meio envolvente (Figura 6). Neste cenário é evidenciada a distinção entre a corrente e os *trolleys* no transportador (McGuire, 2010).

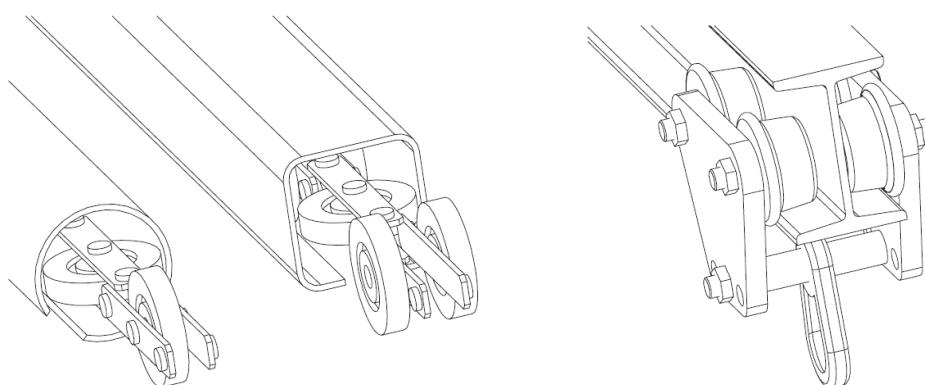


Figura 6 - Exemplos de circuitos fechados para um transportador aéreo *powered* (à esquerda) e de um circuito aberto para um transportador aéreo *free* (à direita)

Fonte: McGuire (2010)

Os transportadores aéreos do tipo *free* são a solução com um custo de aquisição mais aliciante. A génese do seu nome advém do facto da carga suspensa ser movimentada de forma manual ou por ação da gravidade, no caso de sistemas com inclinações. Tipicamente são aplicados nos seguintes contextos: baixo volume produtivo, instalações de área reduzida ou com operações do foro manual (McGuire, 2010).

Por outro lado, os equipamentos do tipo *powered* são aptos para contextos com um volume de produção médio a elevado e com um fluxo contínuo de material a ser movimentado. A sua aplicação é frequente em linhas de pintura, de cozimento, de arrefecimento ou em qualquer outro contexto em que não haja uma necessidade explícita de paragem. Tal facto deve-se ao modo de funcionamento deste transportador, que é do tipo sincronizado. Assim sendo, a carga suspensa circula sempre à mesma velocidade (Groover, 2000), não se verificando a acumulação de material, o que se traduz numa paragem de todo o sistema quando se deteta a necessidade de paragem de uma determinada carga suspensa. Explicitando, o abastecimento e recolha de material devem ser realizados com a corrente em movimento (McGuire, 2010). A Figura 7 espelha a constituição típica de um transportador aéreo do tipo *powered*.

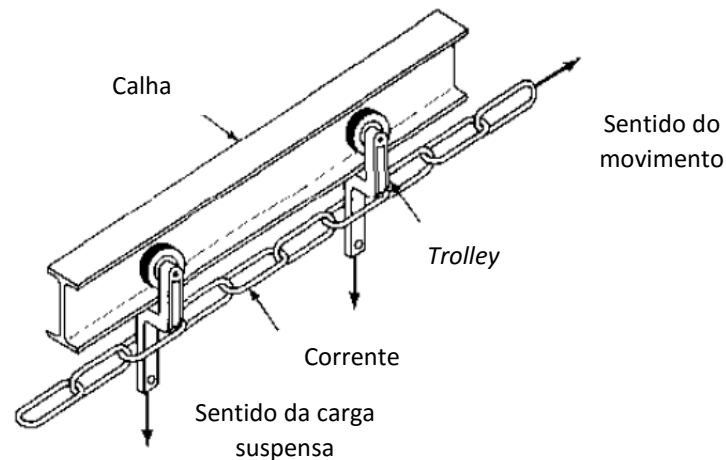


Figura 7 - Ilustração dos elementos constituintes de um transportador aéreo do tipo *powered*  
Adaptado de: Groover (2000)

A Figura 8 espelha o modo de funcionamento de uma unidade motriz típica dos transportadores aéreos designados de *powered*. Este dispositivo é o responsável pelo impulso do movimento.

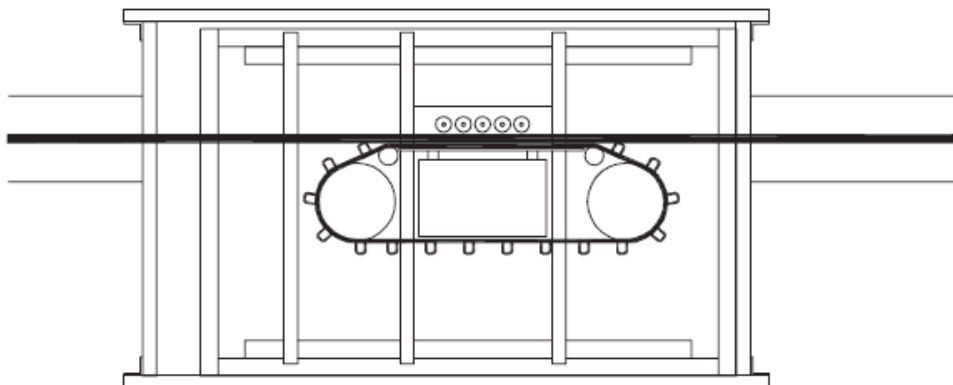


Figura 8 - Unidade motriz para os transportadores aéreos *powered*  
Fonte: McGuire (2010)

Por último, os transportadores aéreos *power and free* resultam da combinação do princípio de funcionamento dos dois sistemas anteriores, daí a sua designação. Nestes equipamentos, ao invés do que se sucedia nas restantes categorias, entram em ação duas calhas sobrepostas. A calha superior contém a corrente, enquanto a inferior compreende os *trolleys* (Groover, 2000). Verifica-se igualmente a versão de calhas laterais, no entanto não é tão popularizada quanto a primeira (McGuire, 2010). A configuração que estes transportadores adotam permite que o sistema seja assíncrono, uma vez que os *trolleys* não se encontram permanentemente ligados à corrente que se encontra em constante movimento (Groover, 2000; McGuire, 2010).

Assim sendo, consegue-se a paragem de determinada carga, sem a subsequente paragem de todo o sistema, e desta feita, poderá obter-se a acumulação de material numa determinada posição. Para o efeito, são introduzidas umas saliências na corrente que permitem a conexão e desconexão com os *trolleys*, dando-se o seu movimento apenas quando se averigua a conexão. A desconexão

dá-se através da criação de zonas de paragem dos *trolleys*, sendo que o primeiro trolley a ser acionado por esta zona deixa de ficar sujeito ao movimento imposto pela corrente. Devido ao *design* que os *trolleys* possuem nestes sistemas, o primeiro *trolley* a parar irá levar à subsequente paragem do próximo que chegue junto dele, criando-se um efeito em cadeia. Assim que a zona de paragem seja libertada, dá-se novamente a conexão com as saliências e os *trolleys* recuperam a movimentação segundo a velocidade da corrente (McGuire, 2010).

Outra potencialidade dos equipamentos *power and free*, e que eleva a sua complexidade, é o facto de existirem zonas designadas de zonas de troca, onde diferentes cargas podem prosseguir trajetos distintos. Associadas a estas zonas de troca, são igualmente identificadas zonas de união, onde a carga é novamente alocada no trajeto principal (McGuire, 2010).

### 2.1.3. Comboio logístico

Para dar resposta à necessidade de manter o volume mínimo de WIP no chão de fábrica, surge o comboio logístico (ou *milk run* ou *mizusumashi*) (Gyulai et al., 2013; Kilic et al., 2012), sendo este um conceito intrínseco à Logística *Lean*. Isto porque, o princípio de funcionamento do comboio logístico assenta num dos princípios basilares do *Lean*: o *Just-In-Time* (JIT) (Gyulai et al., 2013). O JIT é uma metodologia que afeta diretamente o modo de operação da Logística, uma vez que tem por base os seguintes pressupostos: a produção do produto que o cliente solicita, quando este o requer, com um elevado nível de qualidade e com o mínimo de desperdícios associados (Rushton et al., 2010). Neste seguimento, o JIT é uma filosofia de produção puxada (Pinto, 2014). Assim sendo, e no âmbito da Logística Interna, o material é apenas transferido para um posto quando se verificar a sua necessidade (Gyulai et al., 2013).

O comboio logístico é um meio de transporte de materiais que parte de um ponto de armazenamento e segue para diversos pontos de consumo (Klenk, Galka, & Günthner, 2015), através do prosseguimento de rotas pré-definidas e em intervalos de tempo regulares (Coimbra, 2003; Kilic et al., 2012; Klenk et al., 2015; Pinto, 2014). Segundo Coimbra (2003), os ciclos de abastecimento devem dar-se entre 20 a 60 minutos. Este sistema de transporte é constituído por várias carruagens ou vagões acoplados, observando-se a necessidade de uma pessoa para conduzir o rebocador. Esta é formalmente designada por operador logístico (Pinto, 2014). A Figura 9 espelha a constituição típica de um comboio logístico.



Figura 9- Comboio Logístico  
Fonte: Kilic et al. (2012)

O material a ser transportado é acondicionado em pequenos contentores (ao invés do modo tradicional de abastecimento que assume a forma de palete ou contentor) e segundo uma quantidade normalizada (Coimbra, 2003). Este material é fornecido aos postos de trabalho e, simultaneamente, o operador logístico recolhe neste ato os contentores vazios. Estes serão reabastecidos no próximo ciclo de passagem do comboio logístico, dando-se no ciclo atual o cumprimento da rota na sua plenitude (Domingo, Alvarez, Peña, & Calvo, 2007). O reabastecimento é efetuado nas áreas de *picking* do armazém, sendo que estas funcionam segundo o conceito de

supermercado (Coimbra, 2003). Os supermercados, numa ótica industrial, são áreas de armazenamento dinâmico estrategicamente localizadas por forma a permitir o rápido abastecimento de materiais nos pontos de consumo que despoletam uma necessidade. Como subentendido, o conceito de supermercado pressupõe a operação segundo o JIT (Pinto, 2014).

Estes ciclos repetem-se segundo o intervalo de tempo estipulado para o sistema de abastecimento. As Figuras 10 e 11 pretendem ilustrar o procedimento de abastecimento e recolha através do recurso a um comboio logístico.

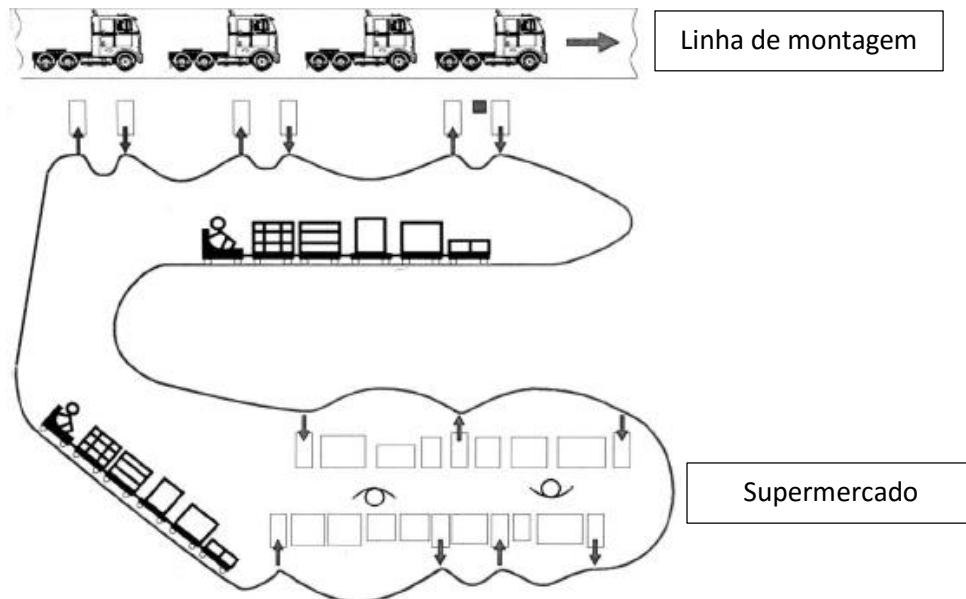


Figura 10 - Princípio de funcionamento do comboio logístico numa linha de montagem  
Adaptado de: Coimbra (2003)

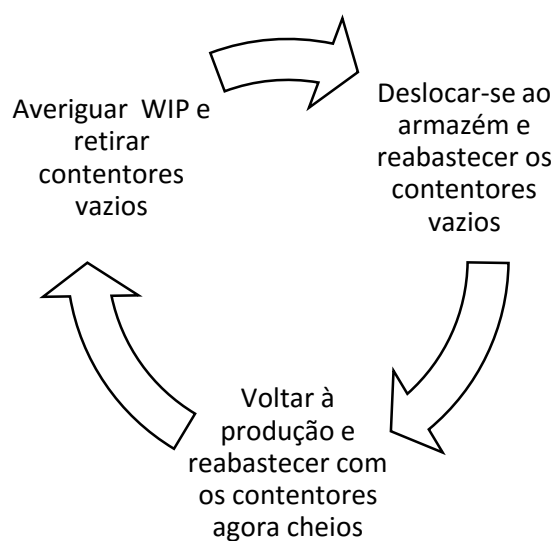


Figura 11 – Tarefas a desempenhar na trajetória do comboio logístico  
Adaptado de: Namoura & Takakuwa (2006)

Assim sendo, as principais funções do comboio logístico podem ser resumidas segundo Pinto (2014) em:

- Responder aos pedidos de recolha com base em listas de *picking* ou sistema *Kanban*;
- Recolher contentores vazios;
- Agregar os materiais necessários no armazém;
- Recolher os produtos acabados ou intermédios e entregá-los ao processo a jusante;
- Retomar e repor os componentes no bordo de linha.

A principal vantagem apontada ao sistema de transporte de materiais aqui descrito, face aos sistemas automatizados, é o facto de possuir uma elevada flexibilidade no que diz respeito ao circuito de abastecimento, uma vez que facilmente poderá ser alterada a rota a ser percorrida. No cenário com sistema de transportadores automatizados, uma alteração no *layout* da fábrica seria contraproducente, se não mesmo proibitiva (Pinto, 2014).

Em suma, a escolha pela implementação de um sistema de abastecimento por intermédio de um comboio logístico viabiliza entregas mais frequentes e, consequentemente, em lotes de menores dimensões, o que por sua vez visa a diminuição do *lead time* e do WIP nas áreas de trabalho (Klenk et al., 2015).

#### 2.1.3.1. *Kanban*

Para o sucesso do funcionamento do comboio logístico é necessário que um sistema *Kanban* esteja corretamente implementado, por forma a anunciar que materiais foram consumidos e necessitam de ser reabastecidos (Klenk et al., 2015; Pinto, 2014). Com esta afirmação é induzido o significado e princípio de funcionamento de um sistema *Kanban*. Este sistema possui a finalidade de controlar a produção, segundo uma filosofia JIT, garantindo que os materiais necessários cheguem ao local de consumo no momento e quantidade precisa (Suzaki, 2010).

Um sistema *Kanban* pode manifestar-se em diferentes formas, sendo a mais familiar o uso de um cartão como forma de sinalização de requerimento do material. Contudo, pode-se igualmente verificar a sua prática através de marcações no chão, segundo o sistema de duas caixas, indicação luminosa, entre outros (Pinto, 2014; Slack, Chambers, & Johnston, 2001). Independentemente da sua manifestação, está subjacente a orientação para a produção em pequenos lotes, que são acomodados em elementos (pequenos contentores) uniformizados, com um número de peças estipulado *a priori*.

Importa esclarecer a existência de mais que uma tipologia de sistema *Kanban*, podendo destacar-se o de produção e de transporte (Pinto, 2014; Suzaki, 2010). A informação que se apresenta em cada um dos *Kanbans* é similar, no entanto o propósito de cada um é distinto. Para o caso em análise, o sistema *Kanban* de transporte é o exigido, na medida em que este é o sinal que autoriza a movimentação de um material de uma localização para outra distinta (Pinto, 2014). É frequente que estejam presentes no *Kanban* de transporte as seguintes informações relativas ao material: identificação, quantidade, o local onde se encontra armazenado e o local de consumo/requisição (Slack et al., 2001; Suzaki, 2010). A Figura 12 espelha um possível exemplo de um *Kanban* de transporte.



Processo (de)	Local de armazenagem	C - 2 - 3		Processo (para)
Fábrica A	Código Peça	17634 - 22631 - 12		Fábrica B
Posto Origem	Descrição	Segmento		Posto Destino
Prensa 107	Tipo de embalagem	S 10	Nº Cartão	Montagem 18
	Capacidade da embalagem	200	3 / 5	

Figura 12 – Kanban de Transporte

Fonte: Suzaki (2010)

Seguem-se algumas das regras inerentes ao pleno funcionamento de um sistema *Kanban*, segundo Pinto (2014):

- Cada contentor que acomoda as peças deverá possuir um cartão *Kanban* que lhe diz unicamente respeito;
- A movimentação de materiais é sempre puxada, ao invés de empurrada;
- Apenas é permitida a movimentação de material quando houver um sinal que a estimule;
- Cada contentor referente a um mesmo material deverá conter exatamente a mesma quantidade.

#### 2.1.3.2. Bordo de linha

Segundo Coimbra (2009), os bordos de linha constituem uma área que perfaz a fronteira entre a Produção e a Logística Interna, fomentando a sua comunicação. Acrescenta ainda que os bordos de linha (elementos que integram a Logística Interna) são responsáveis pelo fornecimento do material certo, com a devida qualidade, no momento certo, na localização certa e com a devida apresentação (geralmente em contentores de pequenas dimensões). Pinto (2014) afirma que nestes locais todos os materiais necessários à produção deverão estar presentes. Este autor ainda alude à prática idealista de se garantir uma localização inequívoca e exclusiva para cada referência de material utilizada nos bordos de linha. De notar que os bordos de linha deverão ser desenhados de modo a que haja material suficiente até que o comboio logístico realize novamente a sua passagem pelo posto de trabalho (Namoura & Takakuwa, 2006).

Segundo Fernandes (2011), um bordo de linha deverá apresentar as seguintes características:

- Minimização do movimento realizado no ato de *picking* por parte dos colaboradores da produção;
- Localização que minimize o movimento realizado pelos operadores logísticos;
- Redução do tempo de mudança de materiais quando se averigua a mudança de produto produzido;
- A decisão de reabastecimento deverá denotar-se fácil, intuitiva e instantânea.

A Figura 13 pretende ilustrar a dinâmica entre a Produção (posto de trabalho), e a Logística Interna (bordo de linha e comboio logístico).

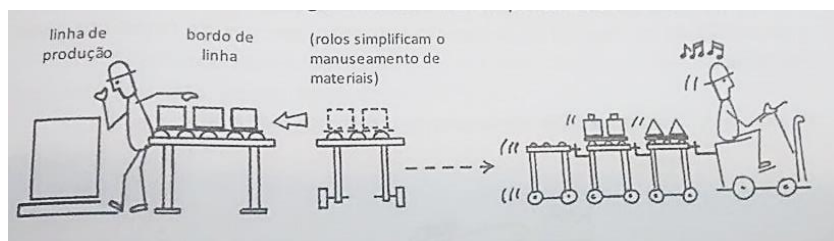


Figura 13 – Interação do bordo de linha com a Produção e a Logística

Fonte: Suzuki (2010)

## 2.2. Overall Equipment Effectiveness

O *Overall Equipment Effectiveness*, ou mais frequentemente denominado pela sua sigla OEE, tem-se tornado alvo de destaque junto da conjuntura industrial (Andersson & Bellgran, 2015), apresentando-se como um indicador que se fundamenta na abordagem *Total Productive Maintenance* (TPM) (The Productivity Development Team, 1999). Importa então clarificar o que se entende por TPM, sendo esta uma abordagem que visa elevar os padrões de eficiência das máquinas que integram um dado processo produtivo. Esta abordagem pretende identificar as perdas que comprometem a eficiência, reunindo as condições para as mitigar; bem como visa a antecipação destas, através de iniciativas de manutenção preventiva (The Productivity Development Team, 1999).

Nesta linha de pensamento, o OEE é um indicador destinado aos processos máquina (The Productivity Development Team, 1999). A sua aplicação poderá ser conduzida para fazer um estudo introspectivo dos processos máquina, bem como poderá realizar-se para o estabelecimento de metas conducentes com a estratégia da organização, ou numa última análise, para o efeito de comparação após a aplicação de iniciativas de melhoria (Andersson & Bellgran, 2015). Desta feita, o OEE possibilita um melhor entendimento no que concerne às demais questões relacionadas com o equipamento (The Productivity Development Team, 1999).

Para a contabilização deste indicador, torna-se relevante identificar quais as dimensões que o integram e as perdas que lhe estão subjacentes. Note-se que caso não houvesse quaisquer desperdícios, a máquina iria incansavelmente acrescentar valor aos produtos com os quais interage (The Productivity Development Team, 1999). Retomando a discussão, as dimensões que dão origem ao OEE são: disponibilidade, performance e qualidade. Este indicador é fruto da multiplicação dos resultados obtidos para cada uma destas dimensões, apresentando-se normalmente sob a forma de percentagem (Equação 6). Por sua vez, as principais perdas a ter em especial consideração, designadas segundo The Productivity Development Team (1999) como as “Seis Principais Perdas”, encontram-se em destaque na tabela que se segue:

Tabela 1 – As “Seis Principais Perdas” para a contabilização do OEE

Adaptado de: The Productivity Development Team (1999)

Disponibilidade	Performance	Qualidade
Perdas de inatividade:	Perdas de velocidade:	Perdas por defeito:
Tempo de Setup	Micro-paragens	Retrabalho
Falhas da Máquina	Redução da velocidade de operação	Sucata

Verifica-se ainda alguma controvérsia na definição das perdas. A título de exemplo, o tempo de arranque poderá ser contabilizado nas perdas de inatividade (que dizem respeito às perdas relativas à máquina e que poderão exigir algum nível de manutenção), bem como nas perdas por defeito (The Productivity Development Team, 1999). Para a prossecução deste Projeto, esta perda será contabilizada como sendo uma perda de inatividade.

A forma de cálculo do OEE encontra-se traduzida nas equações que se seguem, segundo The Productivity Development Team (1999). Como ponto de partida, deve-se entender o que é o tempo total operacional e as perdas não planeadas, pois todas as restantes definições resultam destas. O tempo total operacional é tal como o nome induz, o tempo definido para a execução da operação. É o tempo que efetivamente uma máquina se encontra em operação, não contabilizando as paragens para refeição, entre outros. As perdas não planeadas são aquelas que se conhece, ou não, a sua natureza, contudo não se conhece *a priori* o momento exato em que esta perda irá ocorrer.

$$\text{Tempo de Operação Líquido} = \text{Tempo Total Operacional} - \text{Perdas Não Planeadas}$$

Equação 1

$$\text{Tempo de Funcionamento Real} = \text{Tempo de Operação Líquido} - \text{Perdas por inatividade}$$

Equação 2

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Funcionamento Real}}{\text{Tempo de Operação Líquido}}$$

Equação 3

$$\text{Performance} = \frac{\text{Output Real}}{\text{Output Teórico}}$$

Equação 4

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Output que Cumpre os Requisitos de Qualidade}}{\text{Output Total}}$$

Equação 5

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \times 100\%$$

Equação 6

### 2.3. Métodos e trabalho padronizado

A filosofia em que se fundamenta o trabalho padronizado é antagónica da que sustenta o princípio do método. O modo como encaram o propósito da definição do procedimento de operação é distinto. O método de trabalho é definido com o intuito de alcançar um custo padrão para um determinado período temporal. Por outro lado, o trabalho padronizado visa criar as melhores condições de trabalho, com o mínimo de desperdício associado (Liker & Meier, 2006).

O método de trabalho é um princípio mais tradicional nas indústrias. Aquando da sua definição, é frequente o recurso a estudos de tempos e de movimento, por forma a determinar o método mais eficiente. Muitas vezes, pode-se chegar a um falso juízo, pois o colaborador pode adotar um comportamento distinto quando é observado, criando-se assim uma falsa eficiência. O trabalho padronizado, tal como o método, procura dar resposta aos baixos custos e elevar a qualidade, no entanto o seu foco de atuação reside na eliminação do desperdício existente. A diferença residual entre estas duas práticas é que o método de trabalho vê a sua ação como um fim em si mesmo, considerando que o método definido é o culminar da eficiência. Por outro lado, o trabalho padronizado pressupõe que sejam realizadas melhorias sob o método criado no momento (Liker & Meier, 2006).

### 2.3.1. Métodos

Um meio para elevar a competitividade passa pelo aumento da produtividade. Por sua vez, este é visto como o aumento do output para uma unidade temporal, que pode ser: hora, dia de trabalho ou simplesmente o tempo despendido para desempenhar a tarefa (Freivalds & Niebel, 2012). Assim, está-se a falar em fazer mais perante as mesmas condições de trabalho. A produtividade poderá ser definida num espectro ampliado pela Equação 7 (Sumanth, 1997, citado por Andersson & Bellgran, 2015, p. 147).

$$Pr odutividade = \frac{Output}{Input} \quad \text{Equação 7}$$

Freivalds & Niebel (2012) afirmam que as empresas mais aptas são aquelas que possuem pessoal dedicado a tarefas que visem o aumento da produtividade, tendo em conta os seguintes princípios: métodos, padronização e desenho do trabalho. Para o desenvolvimento que é aqui apresentado, vai-se escrutinar os princípios de métodos e padronização, no entanto, não se deixará de fazer uma alusão ao desenho do trabalho. Estes três princípios são independentes, contudo estão interligados e servem o mesmo propósito: o de aumentar a produtividade e, em simultâneo, diminuir o custo unitário de produção, como já mencionado.

A engenharia que se destina ao estudo de métodos está essencialmente relacionada com a conceptualização de um novo posto de trabalho, ou melhoria de um já existente, por forma a que a produção de um certo produto seja realizada o mais eficiente possível. Esta engenharia leva a cabo o seu propósito através de um conjunto de atividades, nomeadamente: a escolha de máquinas mais adequadas; desenho do processo e método de produção; definição de equipamentos auxiliares e competências necessárias para determinada atividade. Generalizando, pretende dar resposta aos meios necessários para a concretização da produção de um determinado produto, mas desde um estágio embrionário pretende fazê-lo da forma mais eficiente possível. Neste seguimento, ambiciona que o trabalho seja concretizado no menor tempo exequível, com um menor investimento unitário (Freivalds & Niebel, 2012).

O princípio do desenho do trabalho encontra-se relacionado com as questões ergonómicas e de segurança no trabalho. Neste sentido, este princípio e o de métodos encontram-se interligados, uma vez que quando se esboça um método de trabalho, este terá impacto nas condições ergonómicas do operador que irá desempenhar a função em causa. O que ocorre não raras vezes é que o princípio do desenho do trabalho é subvalorizado em prol da maximização da capacidade das máquinas em questão, o que se torna antagónico com o cenário ideal (Freivalds & Niebel, 2012).

O princípio da padronização é dado pela definição de tempos padrão. Esta definição é fruto da prossecução de atividades como o estudo de tempos ou a medição do trabalho (Freivalds & Niebel, 2012; Meyers & Stephens, 2005). Importa elucidar o que se entende por tempos padrão, sendo este o tempo associado à produção de um produto com base nos seguintes pressupostos: um colaborador apto a desempenhar a função, segundo um ritmo de trabalho normal (Meyers & Stephens, 2005). Na definição dos tempos padrão são contemplados alguns desvios possíveis, uma vez que num ambiente fabril coexistem diversas variáveis não controláveis, como por exemplo: fadiga por parte dos colaboradores e atrasos imprevistos de diversas ordens (Freivalds & Niebel, 2012).

Freivalds & Niebel (2012) advogam que as técnicas que os analistas mais comumente recorrem para a definição de tempos padrão são:

1. Estimativas;
2. Dados Históricos;
3. Procedimentos de medição do trabalho;
  - 3.1. Estudo de tempos;
  - 3.2. Amostragem do trabalho;
  - 3.3. Entre outros.

Estes autores ainda aludem ao facto de os procedimentos de medição do trabalho se manifestarem como a melhor alternativa para se fazer uso aquando da definição de tempos padrão. Neste seguimento, irá realizar-se apenas a apresentação da técnica de estudo de tempos, que é levado a bom porto por meio da cronometragem.

#### 2.3.1.1. Estudo de tempos

É o método mais popularizado no que toca à definição de tempos padrão. A sua aplicação é mais adequada quando o processo produtivo já se encontra em funcionamento, sendo desaconselhável a sua utilização numa fase ainda prévia ao pleno funcionamento do processo em causa (Meyers & Stephens, 2005). Freivalds & Niebel (2012) acrescentam ainda a esta tese que a definição de tempos padrão só irá contribuir positivamente, se o método e as condições de trabalho já estiverem completamente definidas para o processo em estudo.

Apresentam-se os passos subjacentes ao procedimento que deve ser seguido aquando de um estudo de tempos, segundo Meyers & Stephens (2005):

1. Selecionar o posto de trabalho a ser estudado;
2. Recolher informação relacionada com o posto de trabalho;
3. Dividir o trabalho executado neste posto de trabalho em elementos;
4. Realizar o estudo de tempos do sistema atual;
5. Ampliar o estudo de tempos;
6. Determinar o número de ciclos a serem observados e medidos;
7. Avaliar, nivelar e normalizar o desempenho do operador;
8. Aplicar margens;
9. Verificar a lógica;
10. Publicar os tempos padrão;

Estes passos não serão alvo de pormenorização para o propósito que aqui é atendido. Algumas considerações devem ser respeitadas *a priori* da concretização do estudo a ser realizado. Deve ter-

se especial cuidado aquando da escolha do operador a ser observado. Remetendo para a definição de tempo padrão, tem-se como pilar o facto do operador seleccionado estar apto a desempenhar a tarefa, e como tal não deve estar ainda na curva de aprendizagem no posto de trabalho a estudar (Meyers & Stephens, 2005). É recomendável a escolha por um operador mediano, sendo que o seu ritmo de trabalho irá estar mais próximo do ritmo padrão, agilizando deste modo o processo ao analista (Freivalds & Niebel, 2012).

Os equipamentos que se destacam como sendo necessários para a condução proficiente desta atividade, são: um cronómetro, um formulário, uma prancha e uma calculadora. Torna-se evidente a função que o cronómetro assume: a de permitir medir o tempo despendido nas tarefas que integram o processo em observação. A informação recolhida durante o estudo de tempos deverá ser preenchida num formulário. Deve-se descrever ao pormenor o contexto em que o estudo foi conduzido, nomeadamente através da identificação: do departamento/seção/posto, do operador, da máquina e das eventuais ferramentas utilizadas, entre outros (Freivalds & Niebel, 2012).

Destacam-se dois métodos plausíveis que sustentam um estudo de tempos, sendo estes: o método contínuo de cronometragem e o método de cronometragem com retorno a zero. Tal como o nome instiga, o método contínuo permite que o cronómetro esteja em constante contabilização do tempo, sendo que é lido diretamente o tempo que este indica quando se pretende medir determinado elemento do estudo. Por oposição, no método com retorno a zero aquando da intenção de contabilização do tempo de um novo elemento o cronómetro volta a iniciar a contagem, retomando o valor zero unidades de tempo (Freivalds & Niebel, 2012).

#### 2.3.1.1.1. Definição do número de observações necessárias

Outra consideração que assume extrema relevância para a fidedignidade dos dados recolhidos é o número de observações que devem ser levadas a cabo. Importa explicitar que o que muitas vezes se apresenta como sendo estatisticamente correto, não se compactua com a viabilidade do estudo, podendo exigir um esforço adicional injustificável. Numa tentativa de responder a este paradoxo, a General Electric Company (citada por Freivalds & Niebel, 2012, p. 422-423) definiu um número de observações recomendáveis (Tabela 2). Note-se que esta abordagem não inviabiliza, caso seja assim pretendido, de estimar o número de observações com base em técnicas estatísticas (Freivalds & Niebel, 2012).

*Tabela 2 – Número de observações recomendadas tendo por base o tempo de ciclo*  
Adaptado de: General Electric Company (citada por Freivalds & Niebel, 2012, p.423)

<b>Tempo de Ciclo (min)</b>	<b>Número de observações recomendadas</b>
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 - 5,00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
Mais de 40,00	3

### 2.3.2. Trabalho padronizado

O trabalho padronizado é uma ferramenta que fomenta a filosofia da melhoria contínua. Este visa assegurar a consistência do método desenhado, pois se não houver um padrão no método de operação, não existe uma base sólida para comparação e avaliação do sistema (Liker & Meier, 2006). Desta forma, apresenta-se como sendo uma ferramenta de identificação e eliminação de desperdício (Figura 14).

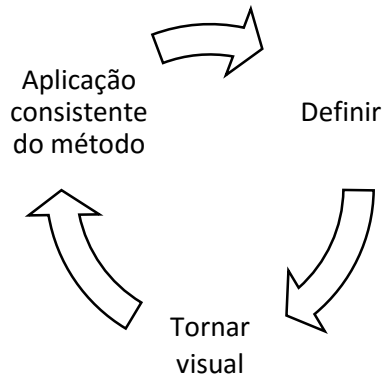


Figura 14 – Etapas do trabalho padronizado  
Adaptado de: Liker & Meier (2006)

Note-se que a padronização só é possível se a variação for isolada. Acontecimentos aleatórios e padronização são antónimos. Assim sendo, o trabalho padronizado deve incidir no que é consistente e repetitivo. Como prioritário deverão constar os elementos de trabalho necessários à produção, e preferencialmente elementos que adicionem valor. O método deverá ser desenhado de modo a ser facilmente reproduzido por qualquer colaborador. Desta forma é possível distinguir o funcionamento normal e anormal de um dado sistema. Um dos desafios apontados ao trabalho padronizado, é a tentativa de padronizar um dia de trabalho, ao invés de elementos desse trabalho. Isto porque, ainda é frequente em muitas organizações a multiplicidade de tarefas desempenhadas pelos colaboradores (Liker & Meier, 2006).

Segundo Liker & Meier (2006), existem três documentos de referência para a concretização do trabalho padronizado, sendo estes: *standardized work chart*, *standardized work combination table* e *production capacity sheet*. Posteriormente, surgiu o documento *standardized work sheet*, que resulta de uma simplificação da combinação dos documentos *standardized work chart* e *standardized work combination table* (Figura 15). Reforçando a ideia já transmitida, o trabalho padronizado pressupõe o estudo sucessivo dos sistemas em análise. Neste sentido, a primeira aplicação do trabalho padronizado será a base para a melhoria contínua. Ainda com base nestes autores, a sequência de passos a seguir aquando da execução do trabalho padronizado, em particular do documento *standardized work sheet*, dá-se por:

1. Registrar a sequência do trabalho a ser desenvolvido;
2. Esquematizar o movimento de trabalho;
3. Identificar desperdício;
4. Identificar melhorias necessárias e que vão de encontro com os resultados pretendidos;
5. Incluir uso de material e fluxo deste;
6. Documentar o método melhorado.

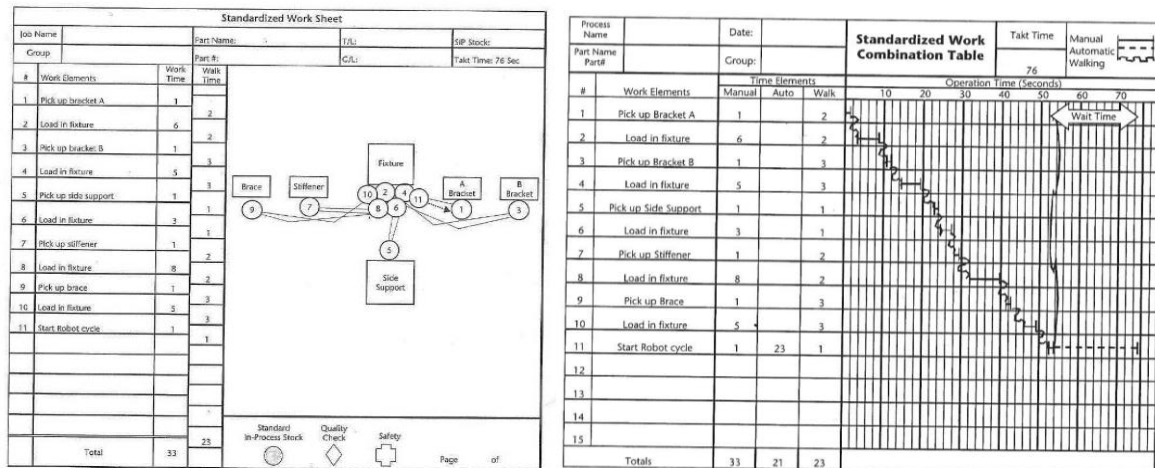


Figura 15 – Documentos de apoio ao trabalho padronizado: *standardized work sheet* (à esquerda) e *standardized work combination table* (a direita)

Fonte: Liker & Meier (2006)

O documento *standardized work sheet* foca-se na sequência do trabalho e na esquematização do movimento assumido. Assim que o esboço se encontre concluído, uma análise deste deverá ser feita com o intuito de sublinhar desperdícios existentes. Se se constatar que é possível aplicar ações de melhoria, o método deverá ser alterado, refletindo-se deste modo o conceito da melhoria contínua. Este processo de melhoria é gradual e contínuo, até que não exista um melhor método alcançável (Liker & Meier, 2006).

O documento *standardized work combination table* é aplicado, em detrimento do anterior, quando existe a combinação de trabalho manual com automático ou mesmo sendo apenas manual, quando coexistem dois ou mais colaboradores. A principal vantagem deste documento face ao anterior é que evidencia o que ocorre quando o ciclo da máquina é acionado. Ou seja, demonstra o que é que o operador realiza enquanto a máquina se encontra em atuação, o que não ocorre com o *standardized work sheet*. Neste seguimento, este documento potencia de forma visual a relação entre o trabalho realizado, a movimentação e os tempos de espera (Liker & Meier, 2006).

Os documentos adotados para sustentar o trabalho padronizado devem ser colocados no posto de trabalho, de modo a que sejam visíveis a todos os indivíduos. Isto porque, o intuito de tornar visual não é o de relembrar os colaboradores da produção dos passos a seguir, mas antes de permitir aos elementos da gestão confirmar a aderência ao método. A visibilidade destes documentos irá apenas ser útil para atividades de auditoria, onde se averigua a existência de desvios relativamente ao método estipulado, e perante a ocorrência destes, perceber as suas causas, tomando ações corretivas, se necessário. Relativamente aos colaboradores da produção, estes devem ser dotados do conhecimento do método, através de ações de formação (Liker & Meier, 2006).

## 2.4. Ferramentas de apoio à decisão

### 2.4.1. Análise de Pareto

São inúmeras as ferramentas disponíveis que visam apoiar a tomada de decisão perante determinado paradigma. Nesta revisão, será objeto de estudo a ferramenta designada de análise de Pareto, que assume particular destaque na Logística (Rushton et al., 2010). Esta reflexão não



possui o intuito de aprofundar todo o conhecimento existente relativamente a esta ferramenta, mas antes oferecer uma breve descrição e esclarecimento do desígnio desta.

A análise de Pareto visa a identificação dos itens com maior preponderância para a variável em estudo (Rushton et al., 2010). Para o efeito, procede-se à identificação e quantificação de todos os itens que dizem respeito ao estudo. Seguidamente, estes são ordenados de forma decrescente, resultando numa distribuição acumulativa. Genericamente, 20% dos itens identificados correspondem a 80% ou mais da atividade em inspeção. Em virtude desta ocorrência, esta ferramenta é igualmente denominada pela regra 20-80. Neste seguimento, esta técnica permite evidenciar quais os itens que o analista deverá concentrar esforços, pois são estes que assumem a maior representatividade do sistema, ao invés da consideração de todos os itens que de algum modo se encontram relacionados com a atividade em causa (Freivalds & Niebel, 2012).

#### 2.4.2. *Total Cost of Ownership*

*Total Cost of Ownership* (TCO) é uma ferramenta que compreende todos os custos associados com a aquisição, utilização e manutenção de um produto ou serviço. Desta forma, é possível de antever que a sua aplicação poderá revelar-se complexa, uma vez que esta metodologia visa o tempo de vida útil do elemento que se está a adquirir. Neste sentido, poderá tornar-se árdua a tarefa de contabilização de todos os custos associados, quer devido à inexistência de informação a este respeito, quer devido ao número exorbitante de aspetos a ter em consideração (Ellram, 1993).

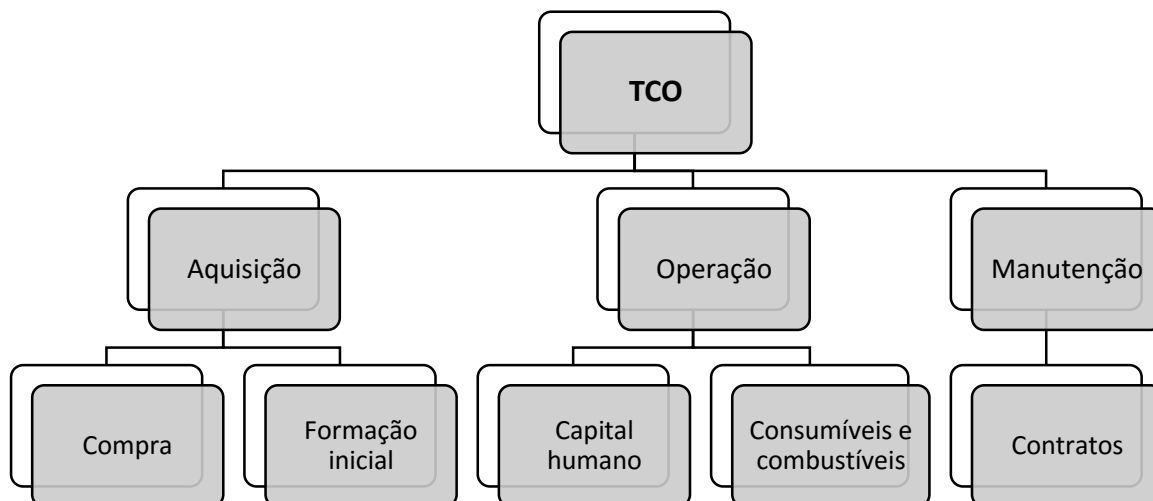
No entanto, esta metodologia assume um papel vital aquando de um estudo de aquisição de um novo produto/serviço, nomeadamente no âmbito da atividade de manuseamento de materiais. Isto porque, um custo de aquisição menor de um dado equipamento, face a outro alternativo, não é garantia de que não tenha outros custos associados que na sua totalidade ultrapassem os custos do equipamento alternativo (Instituto para a Qualidade e Formação, I.P, 2006). Desta feita, é uma ferramenta imprescindível (sob a ótica do custo) para o processo de tomada de decisão, na existência de diversas alternativas viáveis (HM Treasury, 1992).

Como já supracitado, esta metodologia visa o estudo do custo ao longo do tempo de vida útil do objeto, o que poderá ser contraproducente no reflexo de um resultado realista. Isto porque, quanto maior o horizonte temporal, menor será o rigor alcançado nos resultados (HM Treasury, 1992). Desta forma, o HM Treasury (1992) afirma que esta ferramenta é uma mais-valia quando aplicada para a seleção de alternativas em que os pressupostos são definidos para todos os cenários no estudo de comparação, assumindo o mesmo efeito em todos os contemplados. Não obstante, todos os custos significativos não poderão ser omitidos.

HM Treasury (1992) propõe um esquema de referência onde é efetuada a desagregação dos custos por categorias (Figura 16). O meio de obtenção do valor associado aos custos poderá ser distinto. A título ilustrativo, poderá citar-se o recurso a indicadores já internamente conhecidos, a realização de estimativas ou através da consultadoria a peritos.

Ainda à luz desta abordagem, torna-se relevante destacar a aplicação de taxas de atualização e de inflação ao longo do estudo. Como é do conhecimento geral, a Economia vai sofrendo flutuações que deverão ser consideradas. Por um lado, a taxa de atualização, tal como o nome sugestiona, visa transportar todos os custos futuros para outros que sejam representativos do presente. Simplificando, pretende reportar os valores futuros, traduzindo-os num valor que corresponde à Economia atual. Por outro lado, a taxa de inflação deverá ser tida em consideração, mais uma vez, dada a volatilidade da Economia. Com esta aplicação, é pressuposto inflacionar os custos com base

em tendências verificadas. No entanto, esta prática é comumente descartada nas análises TCO quando se está perante o mesmo nível de inflação nas diversas tipologias de custos, uma vez que acaba por ser pouco frutuoso, na medida que possui um impacto menor no resultado final (HM Treasury, 1992).



*Figura 16 – Decomposição dos custos que originam o TCO*  
Adaptado de: HM Treasury (1992)

Em suma, esta ferramenta possui vantagens incontestáveis que dizem respeito à avaliação de alternativas, assumindo especial relevo na escolha de equipamentos. Fomenta igualmente uma maior consciencialização dos custos, bem como permite a obtenção de mais um indicador no apoio à tomada de decisão. No entanto, existem alguns obstáculos à sua correta aplicação, como já foi sendo introduzido ao longo desta secção. Alguns dos custos, nomeadamente os que se inserem no âmbito da operação e manutenção são de árdua contabilização, levando a resultados incorretos. Por outro lado, é frequente que esta informação seja dada pelo próprio fornecedor do objeto em estudo, o que exige alguma prudência (HM Treasury, 1992).

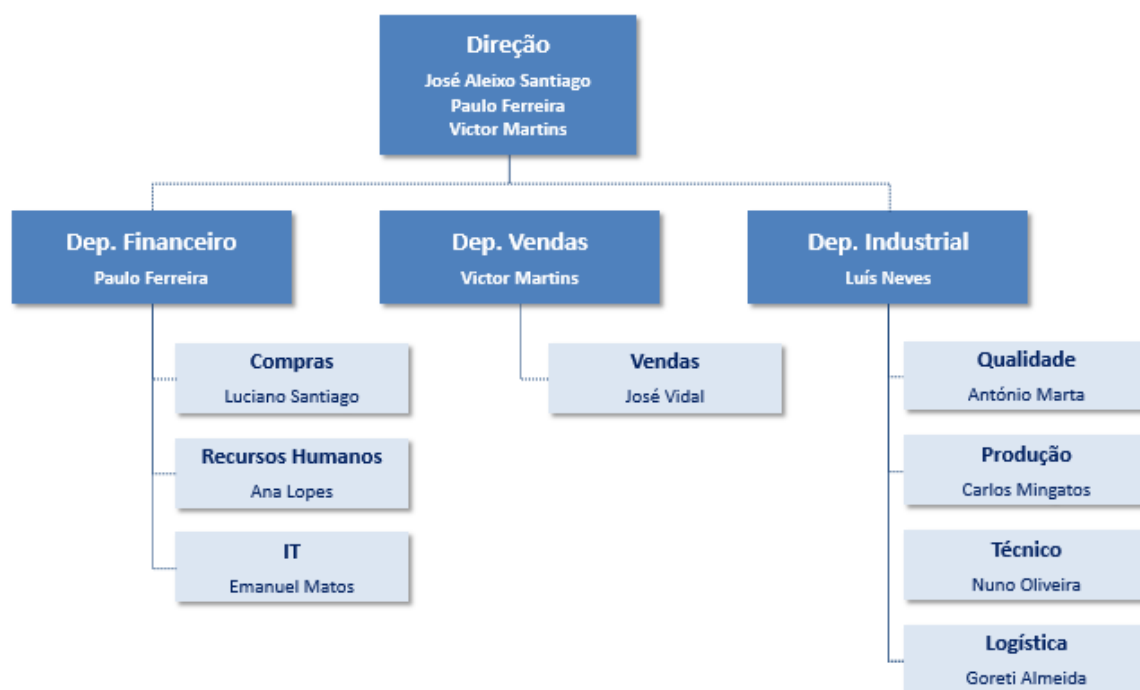
### 3. Apresentação da empresa

A Epedal – Indústria de Componentes Metálicos SA (doravante designada por Epedal) deu os seus primeiros passos no ramo da indústria metalomecânica em 1981, com vista a dar resposta ao mercado do ciclismo. Posteriormente, em 1987, surtiram mudanças no cerne organizacional que revolucionaram o paradigma de produção, passando então a atender ao mercado industrial dos motociclos e automóveis. Atualmente, o seu foco produtivo reside na indústria automóvel de passageiros (92% do volume de negócios), sucedendo-se a indústria de automóveis pesados de mercadorias (5% do volume de negócios), culminando com a indústria de motociclos (3% do volume de negócios).



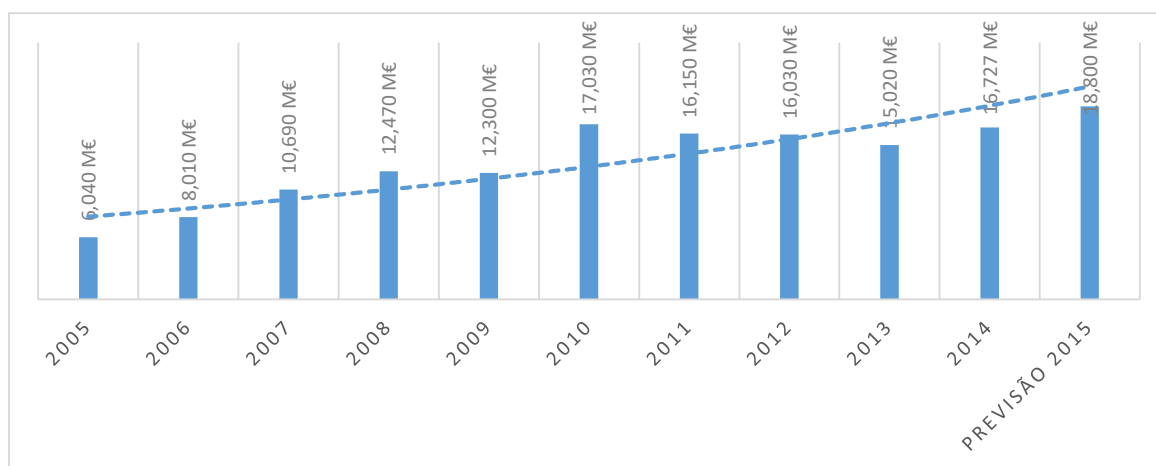
*Figura 17 - Logotipo da organização*  
Fonte: Documentação interna Epedal

Com base em registos de setembro de 2015, a organização possui um total de 220 colaboradores que diariamente contribuem para os objetivos da organização. O organigrama da organização encontra-se espelhado na Figura 18.



*Figura 18 – Organigrama da Epedal*  
Fonte: Documentação interna Epedal

A localização da empresa encontra-se inserida numa rede industrial reconhecida a nível nacional, pertencendo ao *cluster* da metalomecânica do Distrito de Aveiro, mais concretamente na zona industrial de Sangalhos – Anadia. A indústria metalomecânica assumiu desde cedo um elevado contributo para a Economia nacional, sendo que para o caso da Epedal o seu volume de negócios tem sofrido maioritariamente uma evolução crescente (Figura 19).



*Figura 19 – Evolução do volume de negócios da Epedal*

Fonte: Documentação interna Epedal

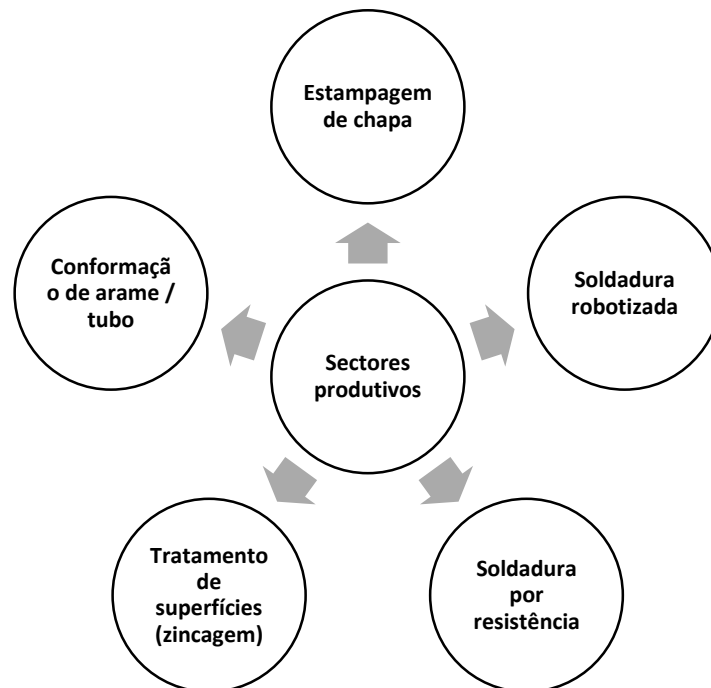
É do conhecimento geral que o sector da indústria automóvel é conhecido por colocar a tónica na excelência e como tal, o nível de rigor exigido aos parceiros da cadeia de abastecimento é notório. Para além do mais, este sector é igualmente pioneiro em muitas iniciativas de melhoria e inovação nas indústrias. Neste seguimento, é evidenciada a necessidade da Epedal elevar os seus padrões de desempenho como forma de marcar o seu posicionamento. De modo a dar resposta às exigências deste sector, a entidade é atualmente certificada segundo as normas ISO/TS 16949: 2009, ISO 14001: 2004 e OSHAS 18001: 2007.

### 3.1 Processos produtivos

A atividade produtiva encontra-se desenhada segundo uma abordagem por processos. Os setores produtivos são desagregados segundo o esquema que se apresenta na Figura 20. Assim sendo, existem áreas na zona fabril destinadas a uma dada atividade, dando origem aos sectores de fabrico mencionados. O único sector que não se encontra confinado a uma única zona física é o que diz respeito à conformação de arame/tubo, observando-se a sua dispersão pela fábrica. No Anexo A encontra-se o *layout* fabril da organização, onde estão representados os sectores de produção em análise.

O ciclo produtivo existente é complexo, na medida em que nem todos os artigos experienciam o mesmo processo. Constatam-se casos em que existe apenas necessidade da intervenção do sector da estampagem, dando origem ao produto que o cliente solicitou, enquanto noutros casos é necessária a intervenção de todos os sectores por forma a cumprir os requisitos do cliente. Por conseguinte, a organização consegue oferecer uma panóplia de produtos distintos.

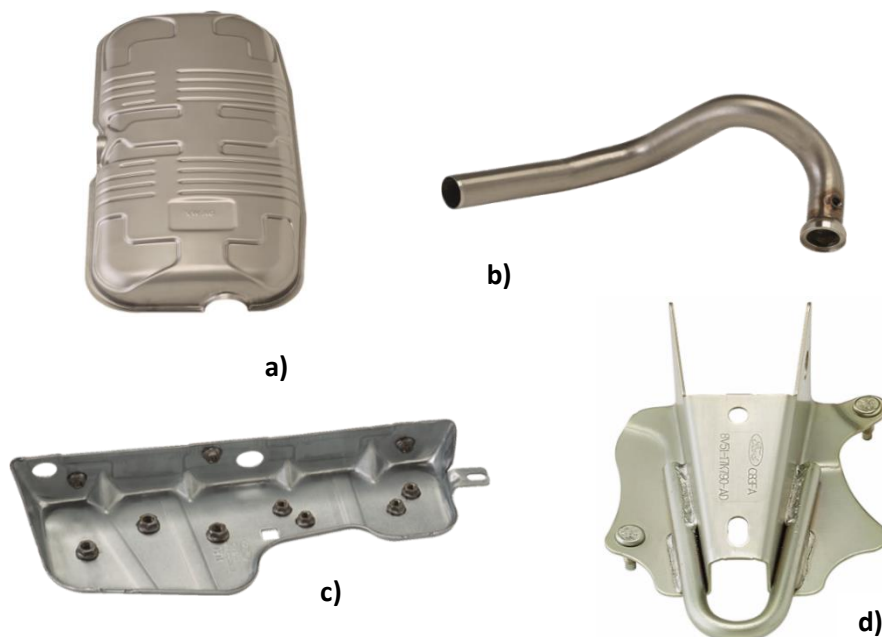
De ressaltar que a entidade possui um departamento técnico, no qual se insere a unidade de projeto de ferramentas, como forma de suporte às atividades produtivas, através de atividades de conceção e desenvolvimento das ferramentas (por exemplo, ferramentas para as prensas e os gabarits de soldadura).



*Figura 20 - Identificação dos setores produtivos da Epedal*  
Adaptado de: Documentação interna Epedal

### 3.2. Produtos

A título de exemplo, serão apresentados alguns dos produtos que assumem maior destaque para a organização, uma vez que seria impensável detalhar todos os que são aqui desenvolvidos, dada a sua multiplicidade. Na Figura 21 pode-se analisar um exemplar de cada umas das secções principais: estampagem (21. a)), conformação de arame/tubo (21. b)), soldadura por resistência (21. c)) e soldadura robotizada (21. d)).



*Figura 21 - Produtos representativos de cada uma das principais secções produtivas: a) estampagem, b) conformação de arame/tubo, c) soldadura por resistência e d) soldadura robotizada*

Fonte: Documentação interna Epedal

### 3.3. Clientes

A organização fornece os seus produtos maioritariamente a dois segmentos distintos de clientes, tendo por um lado os clientes de primeiro nível (Figura 22) e por outro os clientes do tipo OEM (Figura23)<sup>1</sup>. Os primeiros assumem uma representatividade de 86%, enquanto que os clientes OEM representam 10%.



Figura 23 - Principais clientes de primeiro nível  
Fonte: Documentação interna Epedal



Figura 22 - Principais clientes do tipo OEM  
Fonte: Documentação interna Epedal

Como forma de culminar a análise relativa aos clientes, resta aferir acerca do destino da expedição dos produtos. Neste sentido, o volume de negócio assume maior preponderância a nível nacional (55,7%), seguindo-se Espanha (31%), França (10,8%), República Checa (1,5%), e por último Eslováquia (1,0%).

---

<sup>1</sup> Clientes de primeiro nível são aqueles que a Epedal fornece diretamente. Por outro lado, os clientes do tipo *Original Equipment Manufacturer (OEM)* (traduzindo, Fabricantes Originais do Equipamento) são entidades que subcontratam parcialmente (ou não) atividades a outras organizações a montante da sua posição na cadeia de abastecimento. Desta forma, assumem predominantemente como atividades de valor a montagem de módulos fornecidos, com o intuito de obter o produto final: o automóvel (Doran, Hill, Hwang, & Jacob, 2007).

## 4. Projeto: situação inicial

### 4.1. Definição do Projeto

O Projeto desenvolvido na organização encontra-se relacionado com as práticas de melhoria do abastecimento e recolha, sendo estas focadas no sector de soldadura robotizada. Como alternativa ao método atual, levantaram-se como hipóteses a implementação de um sistema de transportadores ou um comboio logístico.

A vontade explícita de melhoria da operacionalização do abastecimento e recolha de material deste sector, e em particular da família de produtos XPTO, nasce *a posteriori* da necessidade de reestruturação do *layout* atual do sector. A organização tem vindo a alcançar novos projetos, podendo-se citar a conquista de mais três referências que se irão juntar à família de produtos XPTO. Neste seguimento, surge a iniciativa de confinar os Robots associados à produção das referências desta família a um dos lados do *layout* do sector. O lado oposto irá ser constituído pelos Robots que não interferem no processo de soldadura desta família.

Desta forma, já que existe uma intenção de mudança, surge a oportunidade para uma completa reestruturação do modo de operação do abastecimento e recolha desta família de produtos, uma vez que o atual se demonstra pouco eficiente. Seguidamente será detalhado o modo de operação atual, no entanto pode-se desde já fazer uma alusão à condução de atividades, por parte das colaboradoras da produção, que não dizem respeito à produção em si. Assim sendo, verifica-se o desempenho de atividades de movimentação de materiais que não acrescentam valor ao produto e que nem deveriam ser desempenhadas por estes atores. De notar que as movimentações levadas a cabo levam a uma quebra do fluxo produtivo, conduzindo não raras vezes à paragem do Robot. Por outro lado, pode-se igualmente salientar que o volume de WIP que atualmente se verifica no sector é impeditivo da valorização dessa área de chão de fábrica.

Torna-se imperativo quantificar as penalizações que estas paragens devidas à movimentação de material (que a colaboradora da produção assume e por consequência o Robot) possuem sob o Robot. Só então depois é que se poderá indigitar acerca das melhorias esperadas no OEE destes equipamentos com um novo sistema de abastecimento e recolha.

O contributo que este Projeto visa alcançar é o de desenhar uma alternativa de abastecimento e recolha viável (sob o ponto de vista de diversas óticas), através do estudo de comparação das alternativas supracitadas. Este estudo será desenvolvido com o objetivo último de melhorar o OEE dos Robots de soldadura.

### 4.2. Caracterização da situação atual

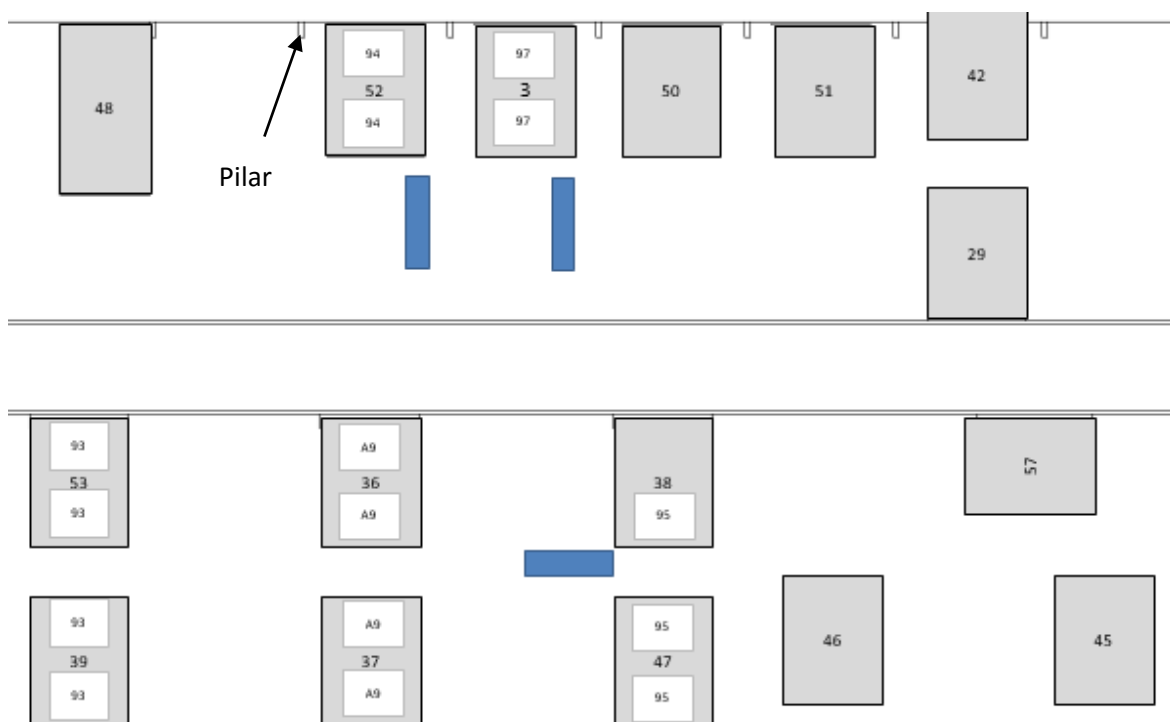
#### 4.2.1. Sector de soldadura robotizada

O sector de soldadura robotizada é atualmente constituído por 16 Robots (tal como a Figura 24 ilustra), que se refletem em 12 postos de trabalho. Assim sendo, alguns dos postos de trabalho são compostos por mais que um Robot. Cada posto é delimitado ao nível da largura pelo espaçamento entre pilares (5 metros), não havendo propriamente uma marcação no chão para o efeito. A única marcação existente é a que delimita o corredor de circulação e possui igualmente o propósito de separar cada um dos lados do sector de soldadura. No Anexo A, está assinalado a amarelo a área correspondente a este sector no *layout* fabril.

O processo inerente a cada um dos postos é essencialmente um processo máquina, havendo, no entanto, a necessidade da afetação de capital humano para o desempenho de tarefas auxiliares, nomeadamente: a montagem e desmontagem do gabari de soldadura, inspeção, entre outros. Genericamente, a cada Robot (representado através de um retângulo cinzento) verifica-se a existência de uma colaboradora. No entanto, existem exceções, quer devido à existência de duas colaboradoras por Robot, quer dada a existência de uma única colaboradora para dois Robots.

Entre postos de trabalho verificam-se cenários dissemelhantes. A justificação para tal, diz respeito à natureza do processo que está em produção num dado posto, que poderá ter particularidades que não se destacam noutros postos. Como é possível de observar, encontram-se representados três retângulos a azul na Figura 24. Estes pretendem ilustrar os túneis de lubrificação que apenas estão contemplados nos postos de trabalho referentes à família XPTO. Por outro lado, ainda com base nesta figura, torna-se evidente que certos postos de trabalho são dedicados a um processo produtivo, sendo que os Robots dedicados se encontram representados com um retângulo a branco, onde o código associado ao processo é descrito. Tendencialmente, os postos de trabalho que possuem Robots dedicados são os mais organizados. Os restantes Robots estão orientados para a produção de diversos artigos, variando consoante o Robot em questão, sendo que no limite um mesmo Robot poderá produzir 17 referências distintas. Na totalidade, somam-se oitenta referências diferentes produzidas nesta secção.

Está contemplado o funcionamento de dois turnos para este sector, sendo que o da manhã labora entre as 6h30 e as 15h, enquanto o da tarde executa-se das 15h até às 23h30.



*Figura 24 - Layout do sector de soldadura robotizada*  
Adaptado de: Documentação interna Epedal



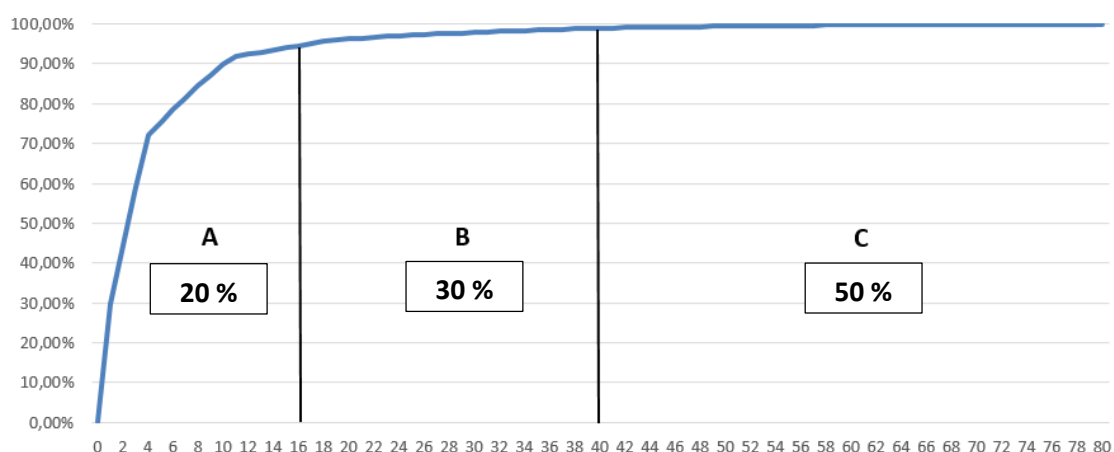
#### 4.2.1.1. Análise ABC

Dada a diversidade de artigos produzidos no sector e, como já apontado, o elevado grau de dissimilaridade entre cada posto de trabalho, importa caracterizar quais os artigos que são representativos da produção deste sector. Neste sentido, a análise de Pareto, ou análise ABC, desempenha um papel vital para a elucidação do enquadramento produtivo. Para este fim, e visto que a organização apenas tinha à sua disponibilidade o volume de vendas referentes a cada artigo produzido, assumiu-se o seguinte corolário:

$$\text{Volume de Vendas} = \text{Volume de Produção}$$

*Equação 8*

Neste seguimento, obteve-se o resultado espelhado na Figura 25 referente ao ano 2015. Desta feita, verifica-se que as 16 referências que integram a tipologia de produto A são responsáveis por 94,57% do volume de produção do sector; as 24 referências do tipo B acrescem 4,37% a este resultado; e por sua vez, as restantes 40 referências que pertencem ao tipo de produtos C são representativos dos restantes 1,06%.



*Figura 25 - Análise ABC da produção do sector de soldadura robotizada*

Fonte: Própria

Desta forma, pode-se sublinhar que para este contexto os produtos do tipo C apresentam uma contribuição diminuta, enquanto os produtos A assumem uma preponderância maior do que a teoricamente esperada. Como seria de antecipar, os artigos que possuem um Robot que lhes é dedicado encontram-se na categoria A. Entre estes Robots destacam-se os que estão afetos à família XPTO, sendo que à data encontram-se nesta família três referências distintas em produção. Esta família de produtos lidera o volume de produção, sendo que perfaz um total de 59,14% deste. Esta apresenta-se assim como sendo o coração deste sector e como tal, ser-lhe-á dada a devida consideração ao longo do Projeto para o propósito que é aqui atendido.

#### 4.2.1.2. Processo produtivo da família de produtos XPTO

O cerne deste Projeto reside na família de produtos XPTO, que se encontra restrita a 4 Robots do sector de soldadura robotizada. Na Figura 26 encontra-se delimitada a área correspondente aos Robots supracitados.

Atualmente, esta família é constituída por três referências distintas que serão denominadas doravante de 94, 95 e 97. Como se pode observar, as referências 94 e 97 encontram-se de um dos lados do sector, e a referência 95 do outro lado deste.

Tanto a referência 94 como a 97 possuem um único Robot afeto à sua produção. No entanto, a referência 95 já detém dois Robots que lhe são dedicados, sendo que um deles (o Robot 38) possui apenas um gabari, em detrimento de dois gabaris de soldadura (como ocorre para o Robot 47). Uma vez que no posto de trabalho da referência 95 se constata uma maior carga de trabalho, é usual a coexistência de duas colaboradoras da produção, ao contrário do que se sucede para as outras duas referências, onde labora uma única colaboradora. Outra distinção que é imediata é o *layout* dos postos. A disposição assumida no posto de trabalho da referência 94 e da referência 97 é idêntica. Contudo, o *layout* para a referência 95 já se demonstra ímpar.

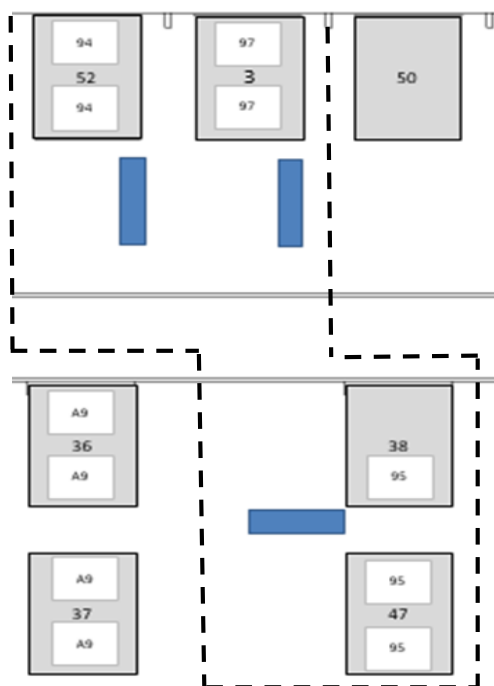


Figura 26- Enquadramento da família de produtos XPTO no sector de soldadura  
Adaptado de: Documentação interna Epedal

O elemento caracterizador dos postos de trabalho desta família é o facto de possuírem um túnel de lubrificação (a azul na Figura 24 e 26), onde imperativamente serão introduzidas as peças após a soldadura.

Relativamente ao processo de produção torna-se evidente, uma vez que se está a falar de uma família de produtos, que este seja análogo para cada uma destas referências, havendo diferenças menores, dizendo estas essencialmente respeito aos componentes a serem soldados. Neste sentido, torna-se verosímil identificar o modo de operação que é partilhado por todas as referências (Figura 27).

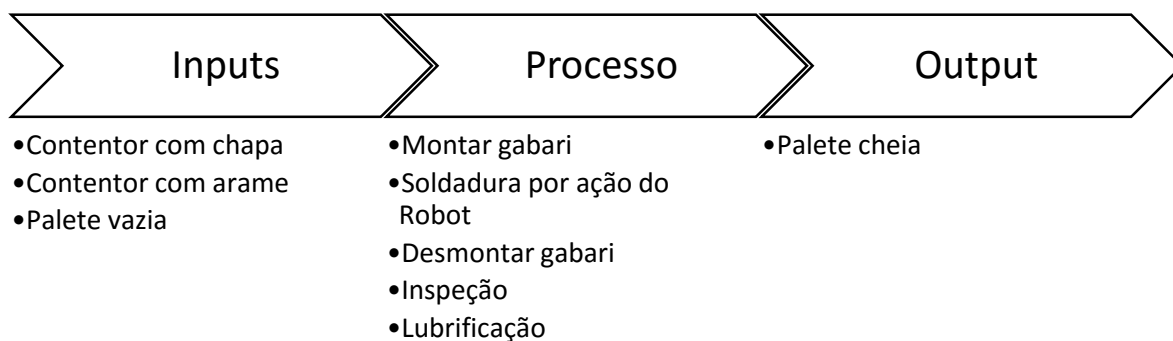


Figura 27 – Esquema do processo produtivo para as referências da família XPTO  
Fonte: Própria

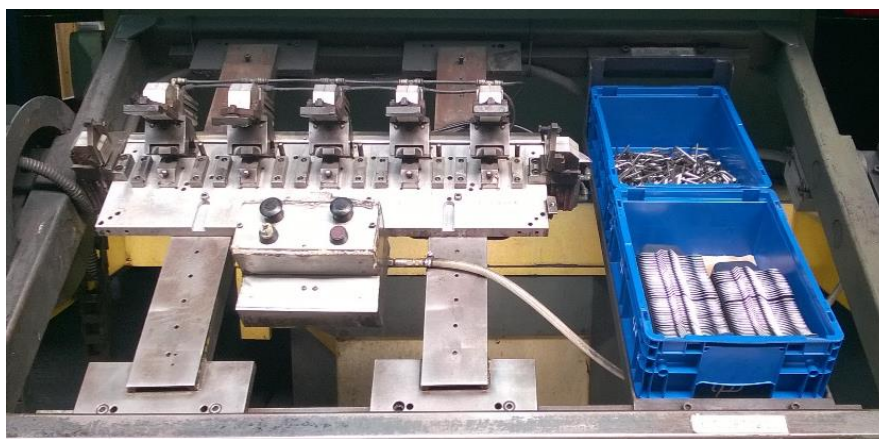
Como *inputs* do processo tem-se um contentor com uma capacidade para acomodar 1800 chapas e um outro contentor com capacidade para 15000 arames. Como resultado do processo produtivo, obtém-se a unidade de embalagem especificada pelo cliente, que é definida por uma paleta com 3 níveis sobrepostos de caixas (doravante designadas de KLT), sendo que cada um dos níveis é composto por 10 KLT. Assim, obtém-se um conjunto de 30 KLT com 40 peças de produto final em cada um, o que se traduz numa paleta com 1200 peças soldadas. Note-se que após a etapa de soldadura, está-se perante produto acabado, não havendo a necessidade do material visitar outro sector produtivo da empresa.



*Figura 28 – Paleta final dos produtos pertencentes à família XPTO*

Fonte: Própria

Genericamente (excetuando para o Robot 38), estão associados dois gabaris de soldadura a cada Robot, sobre os quais este atua em alternância. Ou seja, enquanto o Robot está a soldar os componentes num dos gabaris, a colaboradora poderá encontrar-se a desempenhar uma das seguintes atividades: montar (colocar os componentes) ou desmontar (retirar o produto fruto da soldadura) o gabari que se encontra disponível, inspecionar os produtos resultantes da soldadura ou colocá-los no túnel de lubrificação. Torna-se possível que a colaboradora atue no gabari disponível, dada a existência de uma divisória que separa os dois gabaris, o que garante a segurança de quem se aproxima da máquina. Cada um dos gabaris de soldadura possui 5 posições, o que significava que a cada ciclo do Robot resultam 5 exemplares independentes de produto final. Em cada gabari, já se encontra desenhada uma estrutura para a acomodação de dois KLT de componentes, uma referente à chapa e outra ao arame (Figura 29). Desta forma, a colaboradora vai abastecendo estes KLT com os componentes a partir do contentor, à medida que o material vai sendo consumido.



*Figura 29 – Gabari de soldadura do Robot 3*

Fonte: Própria

Note-se que anteriormente à colocação de peças no túnel de lubrificação, estas são colocadas numa bancada dimensionada para a acomodação de 40 peças. Esta bancada serve dois propósitos: por um lado garantir que a colaboradora não se engane na contagem de peças por KLT de produto acabado (que leva 40 peças), como visa igualmente que as peças arrefeçam antes de serem colocadas no túnel.

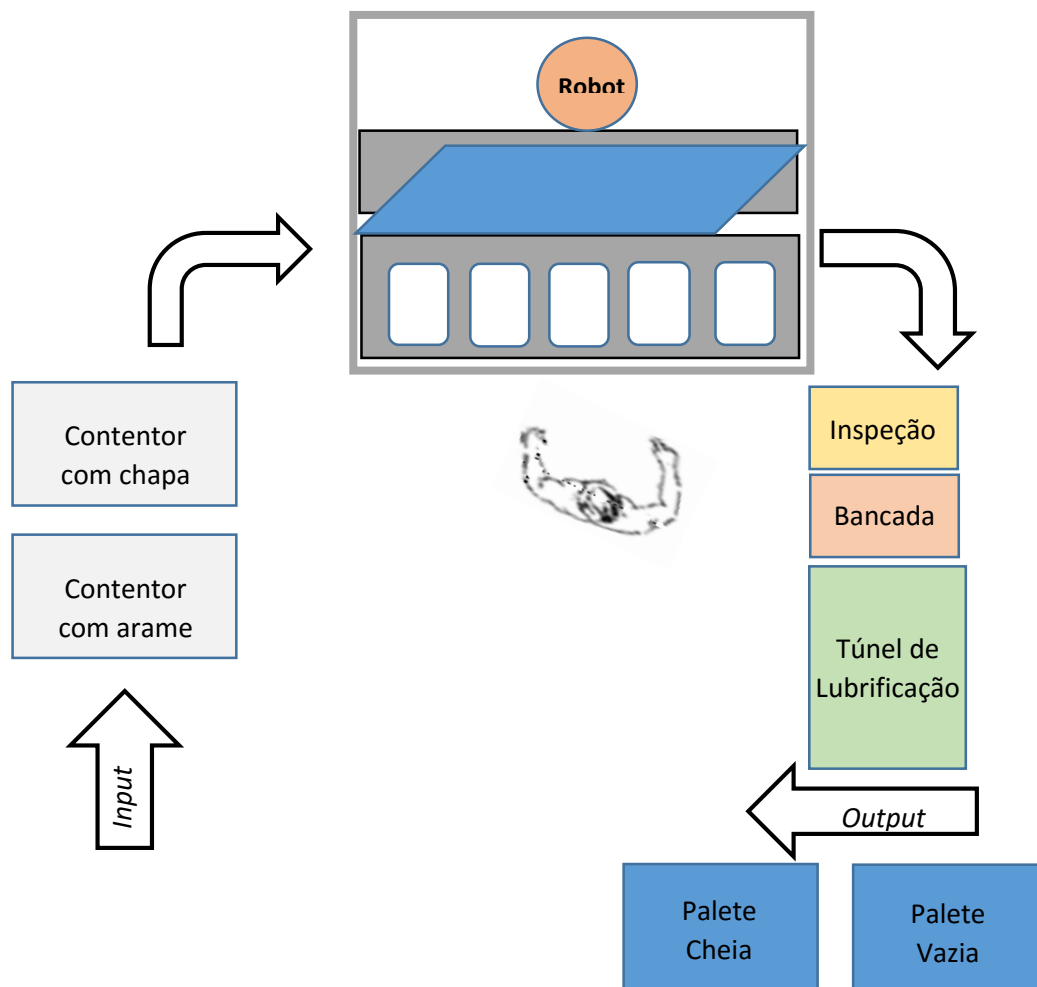


Figura 30 – Representação de um posto de trabalho afeto à família XPTO  
Fonte: Própria

À saída do túnel de lubrificação deverá encontrar-se um KLT, que quando atingir a capacidade de 40 peças de produto final será transferido, através da intervenção da colaboradora da produção, para a paleta onde se encontram os restantes KLT cheios. Seguidamente, retira-se um KLT da paleta vazia (constituída apenas por KLT vazios) e este é colocado à saída do túnel de lubrificação. Este processo é repetitivo e desempenhado igualmente pela colaboradora da produção. A Figura 30 visa representar a dinâmica dos postos de trabalho associados à família XPTO. Esta ilustração não se encontra à escala, bem como se assemelha mais à realidade dos postos de trabalho da referência 94 e 97. No Anexo B encontra-se o *layout* do posto à escala (1/50 mm), para a referência 97.

Numa última instância, uma paleta completamente vazia (30 KLT vazios), irá originar uma paleta cheia, conforme a definição de embalagem já mencionada. Atualmente, assim que se verificar que a paleta se encontra cheia, a colaboradora da produção transfere-a para fora do posto de trabalho e abastece o posto com uma paleta vazia. Normalmente, as paletes vazias encontram-se nas imediações do posto de trabalho, uma vez que existe um controlo da necessidade destas. No entanto, quando não se verifica a existência destas paletes nas proximidades, torna-se necessário requisitar as paletes ao chefe de armazém que as irá buscar ao seu local de armazenamento efetivo (que será detalhado posteriormente). Note-se que os contentores com componentes que

alimentam o posto de trabalho serão igualmente substituídos quando estes ficarem vazios, sendo igualmente a colaboradora da produção que procede à troca. Mais uma vez, é usual que o abastecimento destes postos fique assegurado, havendo deste modo um elevado volume de WIP. Contudo, caso não tenha sido alocado um contentor cheio com componentes por soldar nas proximidades do posto de trabalho, a colaboradora da produção terá de ir requisitar o material à colaboradora do armazém.

#### 4.2.1.3. Estudo de tempos dos Robots associados à família XPTO

Com o intuito de melhor caracterizar o processo produtivo e poder calcular o OEE dos Robots afetos à família XPTO numa etapa posterior, importa conhecer o tempo de processamento da máquina (tempo de ciclo). Neste sentido, e uma vez que a organização não era detentora dos tempos de ciclo dos Robots, revelou-se necessário proceder a um estudo de tempos. Este estudo foi levado a cabo durante o mês de novembro de 2015. Foi considerado que para cada um dos Robots analisados (52, 3 e 47) uma amostra de  $N=25$  seria suficiente para representar o tempo de ciclo. Tal pressuposto é fundamentado com base na Tabela 2, visto que o tempo de ciclo destes Robots se situa entre os valores de 1 a 2 minutos. O formulário criado para o estudo de tempos encontra-se no Anexo C. No Anexo D, encontra-se exemplificado um formulário preenchido.

O Robot 38 foi excluído deste estudo de tempos, uma vez que este se encontra a trabalhar conjuntamente com o Robot 47, com o fim de soldar a referência 95. Um dos motivos que poderá originar divergências nos tempos de ciclo é dado pelo número de soldas que são necessárias efetuar, o que não é o caso, visto que ambos os Robots estão afetos à mesma referência. Desta feita, irá considerar-se que o Robot 38 irá assumir o mesmo comportamento que o 47, mais uma vez porque estão associados à mesma rotina de soldadura.

Note-se que para o propósito que assume o estudo de tempos (que é unicamente poder calcular o OEE, bem como quantificar a necessidade de abastecimento e recolha de material), importa apenas conhecer o tempo de ciclo de cada Robot. Explicitando, enquanto o Robot está a soldar um dos gabaris, a colaboradora encontra-se a desempenhar uma das tarefas que lhe compete (como já mencionado). Assim sendo, e idealmente, o Robot deverá ser sempre o recurso gargalo do processo, levando a que a colaboradora da produção lhe dê a máxima assistência possível, de modo a evitar a sua paragem.

O tempo de ciclo foi definido como sendo a duração associada à mudança de posição, em que o gabari parte de uma posição inicial (de frente para a colaboradora), mudando de posição para ser soldado (de frente para o Robot), até que volte à posição inicial (novamente de frente para a colaboradora). Como forma de deteção desta posição, fez-se recurso aos estímulos sonoros que o gabari emite quando parte e chega à posição designada de inicial.

Neste seguimento, recorreu-se ao *software IBM SPSS Statistics* para proceder à correta análise dos dados recolhidos. Na Tabela 3 encontra-se o resumo das estatísticas descritivas para cada um dos Robots em análise, sendo que os resultados se expressam em segundos.

Tabela 3 – Resumo das estatísticas descritivas para as amostras dos tempos de ciclo

Fonte: Própria

	TempoCicloR obot52	TempoCicloR obot3	TempoCicloR obot47
N Válido	25	25	25
Omisso	0	0	0
Média	84,20	85,16	89,52
Mediana	83,00	84,00	89,00
Moda	82 <sup>a</sup>	84	89
Desvio Padrão	2,566	2,285	2,293
Variância	6,583	5,223	5,260
Mínimo	81	81	87
Máximo	89	89	95

a. Ha várias modas. O menor valor é mostrado

Na Figura 31, encontra-se espelhada a representação da caixa de bigodes para cada um dos Robots. Como a imagem sugere, a distribuição dos tempos de ciclo para os Robots 52 e 47, apresenta-se assimétrica, com um enviesamento à esquerda. Ou seja, existe uma maior observação dos dados para tempos de ciclo inferiores dentro da amostra recolhida. É igualmente possível de comprovar este facto através do valor assumido pela mediana de cada uma das amostras. Por outro lado, a caixa de bigodes do Robot 3 já reflete um comportamento distinto, que é igualmente sustentado na Tabela 3. Explicitando, a distribuição de dados deste Robot apresenta-se como sendo simétrica. Na Figura 33, é igualmente possível de comprovar estas ilações.

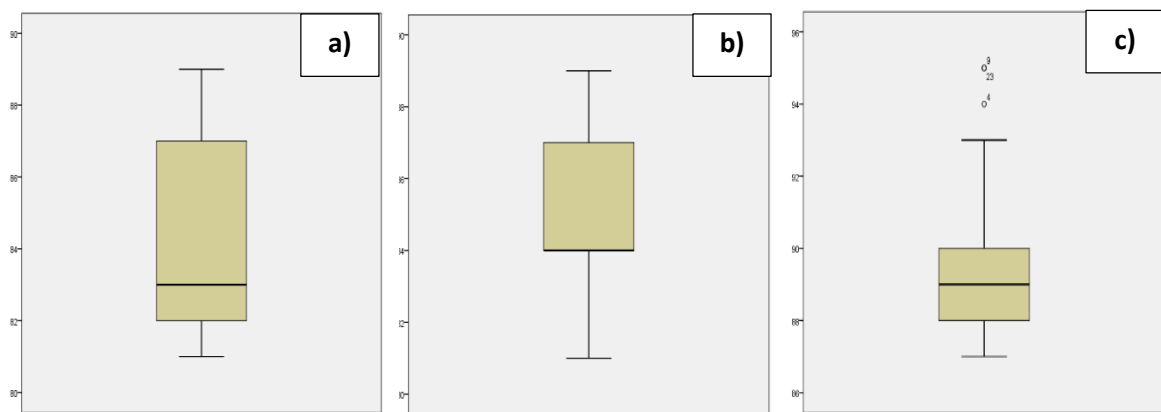


Figura 31 – a) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 52; b) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo Robot 3; c) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 47 (com outliers)

Fonte: Própria

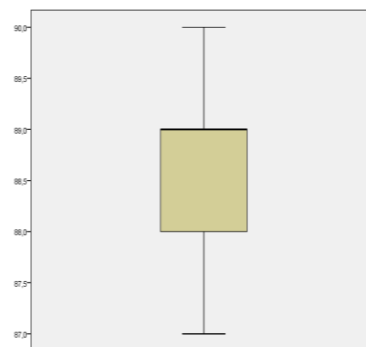
Note-se que a caixa de bigodes do Robot 47 espelha a presença de dois valores para o tempo de ciclo como sendo *outliers* (duas observações para o valor de 95 segundos e uma observação para o valor de 94 segundos). Importa averiguar se estes se classificam como moderados ou severos. Segundo Pestana & Gageiro (2008), a representação na caixa de bigodes dos *outliers* já indigita se estes são moderados ou severos, sendo que são representados com um círculo ou asterisco, respetivamente. É então possível de afirmar que se está perante a presença de dois valores de

*outliers* moderados. No entanto, irá analisar-se conjuntamente os tempos de ciclo para o Robot 47 com e sem *outliers*. Numa primeira tentativa de eliminação destes, apresentou-se um novo *outlier*, sendo que este era severo para a nova distribuição. Desta feita, retirou-se este valor, acabando por obter-se uma amostra com N=21. Os resultados obtidos apresentam-se de seguida, na Tabela 4 e Figura 32.

*Tabela 4 – Estatísticas descritivas para a distribuição do Robot 47 sem outliers*

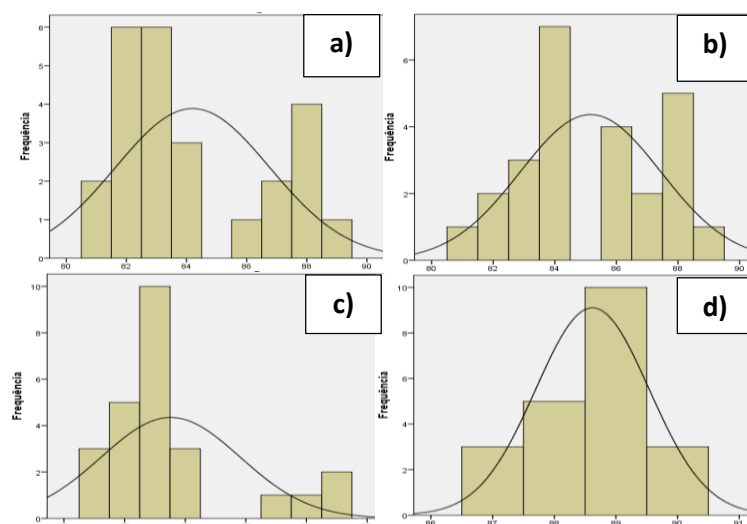
Fonte: Própria

TempoCicloRobot47SemOutliers		
N	Válido	21
	Omisso	4
Média		88,62
Mediana		89,00
Moda		89
Desvio Padrão		,921
Variância		,848
Mínimo		87
Máximo		90



*Figura 32 – Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo do Robot 47 sem outliers*

Fonte: Própria



*Figura 33 – a) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 52; b) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 3; c) e d) Distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 47 (com e sem outliers, respetivamente)*

Fonte: Própria

Através dos dados apresentados, torna-se previsível que as amostras recolhidas não se assemelhem a uma distribuição normal. No entanto, não se deixará de proceder aos devidos testes para comprovar esta suspeita, recorrendo ao teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e ao teste de Shapiro-Wilk. A relevância de averiguar se os dados amostrais se ajustam a uma distribuição teórica (quer seja a normal ou outra) reside em conhecer o comportamento dos dados, de modo a se ser o mais fidedigno possível em análises futuras.

As hipóteses a testar são:

$H_0$ = O tempo de ciclo do Robot X (52 ou 3 ou 47) segue uma distribuição normal

$H_1$ = O tempo de ciclo do Robot X (52 ou 3 ou 47) não segue uma distribuição normal

Tabela 5- Teste de Normalidade

Fonte: Própria

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
TempoCicloRobot52	,238	21	,003	,856	21	,005
TempoCicloRobot3	,176	21	,088	,919	21	,084
TempoCicloRobot47	,295	21	,000	,791	21	,000
TempoCicloRobot47Sem Outliers	,280	21	,000	,868	21	,009

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Segundo Martins (2007), deverá proceder-se à análise segundo o teste Shapiro-Wilk para a aderência à normalidade, em detrimento do teste K-S, quando se estudam amostras com dimensões inferiores a 30, que é o caso. Por outro lado, Field (2009) afirma que na generalidade o teste de Shapiro-Wilk é mais preciso para testar a normalidade do que o K-S, podendo dar-se o caso de ser significativo com o primeiro e não ser com o K-S. Desta feita, a análise será realizada à luz do teste de Shapiro-Wilk, considerando um valor de referência de  $p=0,05$ . Constata-se para o tempo de ciclo do Robot 52 um nível de significância de 0,005 que é inferior a 0,05, o que leva à rejeição da hipótese nula. À mesma conclusão se chega para o Robot 47 com e sem *outliers*, com um nível de significância de 0,000 e 0,009, respetivamente. Contrariamente, para o Robot 3 obtém-se um nível de significância de 0,084, não se rejeitando a hipótese nula para um valor de referência de  $p=0,05$ . Assim sendo, apenas o tempo de ciclo do Robot 3 cumpre o pressuposto da normalidade.

Ainda foi estudada (através dos testes não-paramétricos) o teste K-S a uma amostra para a aderência às distribuições uniforme, exponencial e poisson (Anexo E). Para o Robot 52, todas as hipóteses nulas foram rejeitadas para um  $p=0,05$ , seguindo-se o Robot 47 com outliers à mesma conclusão. Já para o Robot 47 sem *outliers*, a hipótese nula para a aderência a uma distribuição uniforme (87,90) não foi rejeitada para um  $p=0,05$ , com um nível de significância de 0,065.

Perante estes dados, está-se em condições de se realizarem algumas ilações. O comportamento esperado para a distribuição amostral do tempo de ciclo do Robot 52 e 3 seria de uma distribuição assimétrica à esquerda. Isto porque, segundo o programa desenhado para estes Robots, a cada três rotações dos gabaris o bico de soldadura do Robot é automaticamente limpo. Durante este processo de limpeza (que assume uma duração ínfima, na ordem dos 6 segundos), a soldadura dos componentes fica pendente, até que o Robot fique novamente disponível. A amostra do Robot 52 reflete este comportamento. No entanto, para a amostra recolhida do tempo de ciclo do Robot 3 não se observa a assimetria à esquerda, como seria de esperar. Tal facto poderá ser justificado pela opção de não registar em contínuo os tempos de ciclo observados, se estes comprometessem a análise. Ou seja, se nessas observações fossem detetadas anomalias, não se procediria ao registo do tempo de ciclo. No entanto, existiu o esforço por registar os tempos de ciclo do modo mais contínuo possível.



Por outro lado, seria de esperar que o Robot 47 assumi-se uma distribuição uniforme, uma vez que no programa de soldadura associado a este, a limpeza automática é efetuada a cada gabari soldado, ou seja, a limpeza é sistemática. No entanto, existe a consciência de que a amostra recolhida para este Robot poderá ter sido comprometida pelo facto de a colaboradora observada ainda se encontrar em estágio de aprendizagem. Se a colaboradora da produção não validar a soldadura do gabari disponível, *a priori* do término da soldadura do outro gabari, não se irá verificar a rotação da mesa (alteração da posição), que foi a definição estipulada para o tempo de ciclo. Importa clarificar, que neste sector existe um elevado número de colaboradoras em estágio de aprendizagem (colaboradoras em formação), o que torna uma tarefa árdua a não contabilização destas colaboradoras neste estudo. Importa frisar que para todas as observações realizadas, independentemente do Robot, as colaboradoras em causa eram colaboradoras em formação. No entanto, retirando-se os valores que se apresentaram como *outliers*, obtém-se uma distribuição uniforme.

Outro aspeto a ter em consideração é a própria sensibilidade do cronometrista, uma vez que se está a falar de medições na ordem dos segundos. Assim sendo, poderão ter sido cometidos alguns enviesamentos dados por esta causa.

Após confirmada a suspeita de que as distribuições do tempo de ciclo dos Robots 52 e 47 com *outliers* não se ajustam a uma distribuição normal (nem a qualquer uma das restantes distribuições teóricas), vai-se instigar acerca da dispersão dos dados. Apesar de as amostras referentes ao Robot 3 e 47 sem *outliers* se ajustarem a uma distribuição teórica, importa igualmente indigitar acerca da sua dispersão. A tabela que se segue, pretende ser um resumo de diversas medidas de dispersão.

*Tabela 6 – Resumo da dispersão amostral*  
Fonte: Própria

Robot	Amplitude Total (seg)	Amplitude interquartil (seg)	Desvio padrão (seg)
52	8	5	2,566
3	8	3	2,285
47 com <i>outliers</i>	8	2	2,293
47 sem <i>outliers</i>	3	1	0,921

É possível inferir que as distribuições amostrais possuem uma dispersão fraca, o que se traduz em não haver alterações significativas no tempo de ciclo dos Robots. Este fenómeno permite fundamentar o facto das distribuições amostrais não se ajustarem a nenhuma distribuição teórica, pois não são observados valores extremos.

Apesar de a distribuição amostral do Robot 47 sem *outliers* possuir menor dispersão (face à distribuição amostral com *outliers*) e ajustar-se a uma distribuição teórica, para o estudo que se segue irá ser contemplada a distribuição amostral inicial. Isto porque, é a que espelha a realidade da observação efetuada e ao nível da média amostral a diferença entre a distribuição com e sem *outliers* reside em um segundo. Assim sendo, não é prejudicante a opção por uma ou outra amostra dada a proximidade dos valores.

Em suma, recomenda-se o aumento da dimensão da amostra dos tempos de ciclo associados aos Robots, caso se pretenda utilizar estes dados para outros fins. Para o intuito que é aqui atendido, considerou-se que os resultados obtidos se adequam à necessidade.

#### 4.2.2. Armazéns

A organização alvo possui armazéns distintos que servem diferentes fins. Estes podem ser caracterizados segundo o ERP da empresa, como sendo do tipo: armazém dinâmico, armazém de contentores ou armazém convencional. Neste âmbito, os armazéns convencionais não serão alvo de detalhe.

Os armazéns dinâmicos são assim denominados, pois apesar de existir uma localização definida para o albergue dos artigos, não se verifica a exclusividade de um local para determinado artigo. Por outras palavras, os artigos que chegam ao armazém, devidamente identificados, são alocados às localizações que se encontram disponíveis.

Relativamente aos armazéns de contentores, existe apenas como requisito a identificação do material, não havendo uma localização associada. Assim sendo, pode-se afirmar que é um armazém intermédio, em que o material que o constitui será posteriormente reclamando pelos armazéns que lhe irão dar a devida acomodação. A título de exemplo, o material que se encontra em vias de deixar uma secção produtiva encontra-se no armazém de contentores, sendo que será posteriormente armazenado no local de acordo com o seguimento do seu processo produtivo. Este tipo de armazém foi desenhado para permitir a rastreabilidade dos componentes que perfazem um determinado lote produtivo.

Um dos armazéns do tipo dinâmico que assume particular relevância para o estudo é denominado por armazém de semiacabados. Este foi concebido com o objetivo primário de dar resposta ao abastecimento do sector de soldadura robotizada e do sector de soldadura por resistência. No entanto, para o estudo que aqui vai ser desenvolvido importa apenas caracterizar o abastecimento do sector de soldadura robotizada, particularizando para a família XPTO.

A área planeada para albergar o produto semiacabado está organizada através da numeração de pilhas, tal como a Figura 34 ilustra. A numeração destas pilhas foi idealizada por ordem sequencial e perfazendo, maioritariamente, um ZIG-ZAG em filas adjacentes. O armazém é genericamente constituído por um total de 90 a 92 pilhas. Dentro da mesma localização (pilha) pode-se encontrar diferentes artigos, sendo estes separados pelo modo de acondicionamento (contentor ou palete com KLT), o que sustenta o que foi anteriormente citado acerca dos armazéns dinâmicos. Note-se que a Figura 34 serve apenas de título ilustrativo, não querendo induzir em erro o leitor no que diz respeito à forma e dimensão dos contentores. Aqui está prevista a afetação de uma panóplia de contentores com diferentes conformidades geométricas.



Figura 34 - Armazém semiacabados  
Fonte: Própria

Pode-se afirmar que os colaboradores do armazém frequentemente enfrentam dificuldades no que concerne à gestão do espaço disponível do armazém. Torna-se prática recorrente a alocação de produto semiacabado no próprio sector de soldadura robotizada, quando se constata a inexistência de um local para a sua devida acomodação no armazém. Nestas circunstâncias, verifica-se um esforço por depositar os contentores o mais próximo possível do posto de trabalho que irão futuramente alimentar (Figura 35).



*Figura 35 – Armazenagem de material semiacabado junto ao posto de trabalho de uma das referências pertencentes à família XPTO*

Fonte: Própria

Perante estas circunstâncias, os contentores não são identificados visivelmente com o número da pilha como se sucede no armazém, uma vez que estas são tidas como pilhas fictícias. Por outras palavras, o agrupamento deste material deveria ocorrer apenas em situações esporádicas, não querendo ditar um padrão no que toca à alocação do material em análise. Por forma a proceder à sua devida identificação para gestão interna, o que o colaborador do armazém realiza é a atribuição no sistema ERP de um número de pilha distinto (e frequentemente mais elevado do que seria previsto se fosse identificado no seguimento da sequência) do que se observa no armazém. Deste modo, pretende-se que haja uma fácil deteção do local onde foi depositado o material, aquando de uma futura requisição.

Outro armazém dentro da tipologia dos armazéns dinâmicos e que desempenha igual relevância é o armazém de produto acabado e expedição (Figura 36). Este destina-se à acomodação de material apto a ser expedido para o cliente.

Contrariamente ao anterior, este armazém encontra-se organizado através de diversas estruturas físicas (estantes), sendo que a localização dos artigos se baseia segundo a



*Figura 36 – Armazém de produto acabado e expedição*

Fonte: Própria

identificação da estante, que é realizada de forma alfabética. O *layout* do armazém em análise encontra-se dividido da seguinte forma:

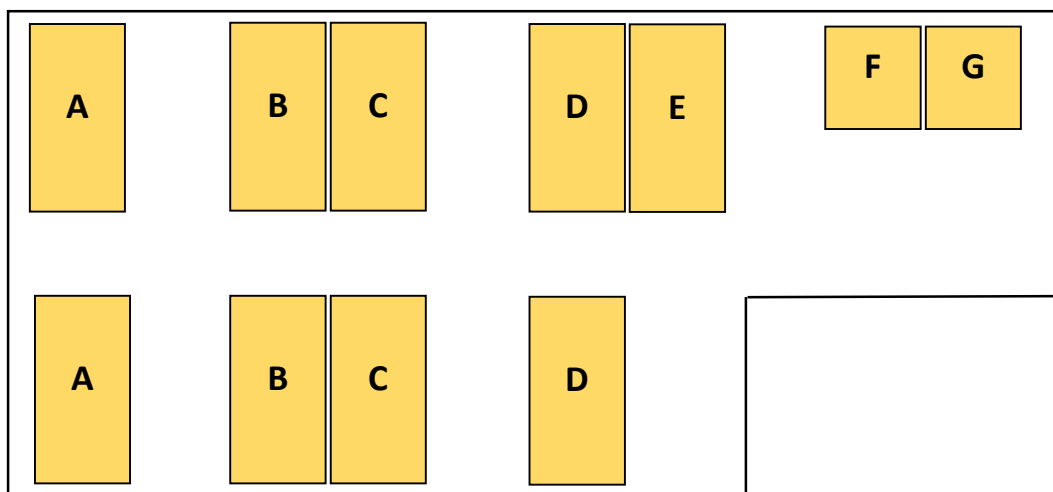


Figura 37 – Layout do armazém de produto acabado e expedição  
Fonte: Própria

Tal como remete a Figura 36, os corredores e áreas livres são utilizadas para o armazenamento de material que normalmente possui maior giro ou cuja geometria da unidade de embalagem não favorece a sua acomodação numa estante.

#### 4.2.3. Procedimento de abastecimento e recolha

O método adotado para o abastecimento e recolha é idêntico, quer para a família de produto XPTO, quer para as restantes referências que são produzidas neste sector, podendo então elaborar-se uma narração genérica.

Como explanado no tópico anterior, o sector de soldadura robotizada é abastecido a partir do armazém de semiacabados. Para o efeito, está implícita a intervenção da equipa pertencente ao armazém. Esta é constituída pelo chefe de armazém e duas colaboradoras que laboram em turnos distintos: uma labora no turno da manhã e outra no turno da tarde. O responsável de armazém está essencialmente afeto à expedição, ou seja, a realizar atividades de carga e descarga dos camiões. Este indivíduo possui uma responsabilidade transversal à organização, não estando exclusivamente afeto ao armazém de semiacabados. No entanto, desempenha um papel crucial no abastecimento e recolha dos postos de trabalho do sector em análise, no sentido que é o ator que predominantemente conduz o empilhador. Desta forma, torna o processo mais ágil quando se trata de abastecer cargas mais pesadas ou de maiores dimensões. A sua função também passa por abastecer ou recolher os contentores vazios/paletes vazias, na medida em que a alocação destes é dada no exterior das delimitações da zona fabril, tal como ilustra a Figura 38.



Figura 38 - Localização dos contentores vazios  
Fonte: Própria



Não obstante ao que foi descrito, apuram-se alternativas à recolha dos contentores vazios. O que de facto ocorre durante o turno da manhã é a deposição, por parte das colaboradoras da produção, de contentores vazios no corredor de acesso aos postos de trabalho. Aquando da passagem do empilhador, estes são encaminhados para a zona exterior ou para um outro posto que tenha despoletado necessidade de um contentor, como ocorre frequentemente no sector da estampagem (Figura 39). Por oposição, no turno da tarde são as próprias colaboradoras da produção que conduzem os contentores até ao designado ponto de recolha de vazios, que se encontra dentro da instalação fabril (Figura 40). Isto porque, o chefe do armazém não labora até ao final deste turno, não podendo aplicar o mesmo procedimento de recolha dos contentores vazios. Para além do mais, possibilita que os colaboradores da organização que laborem no turno da tarde tenham fácil acesso a estes contentores caso necessitem deles, o que não ocorreria se estes estivessem localizados no exterior.



Figura 40- Acomodação de contentores vazios no sector de estampagem  
Fonte: Própria



Figura 39 - Ponto de recolha de vazios  
Fonte: Própria

No que concerne à recolha de produto processado (pode ser produto acabado apto a ser expedido (caso da família XPTO) ou que ainda irá sofrer *a posteriori* algum tipo de processamento), é igualmente este agente que atua. O mesmo procedimento que se aplica para os contentores vazios constata-se para a recolha de contentores cheios, havendo igualmente um ponto de recolha de cheios. Pormenorizando, no turno da manhã são colocados os produtos resultantes da soldadura no corredor (Figura 41) e o chefe do armazém, remete-os para a fase do processo que segue à soldadura. Caso esteja perante produto acabado, este é conduzido até ao armazém de produto acabado e expedição, onde será alocado. Durante o turno da tarde, os contentores cheios são colocados no ponto de recolha de cheios (Figura 42).



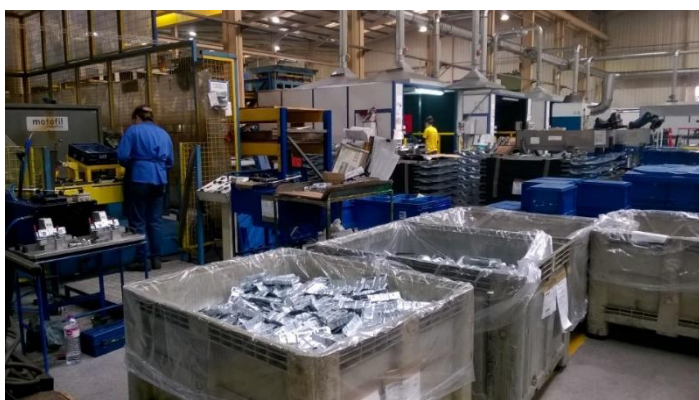
Figura 41 - Alocação de contentores com produto processado no corredor de acesso aos postos de trabalho  
Fonte: Própria



Figura 42 – Ponto de recolha de cheios  
Fonte: Própria

Relativamente às colaboradoras do armazém, as suas funções são partilhadas, sendo apenas desempenhadas em horários distintos. A sua principal função passa pelo supervisionamento do consumo de material e consequentemente, realizar o abastecimento de material semiacabado necessário. No entanto, dada a multiplicidade de atividades que ocorrem em simultâneo, nem sempre é possível fazer o acompanhamento da produção na plenitude. No início de cada turno, as colaboradoras realizam um levantamento das necessidades e com base nestas procede-se ao seu abastecimento.

Importa referir, que o método atual de abastecimento é contraproducente e precário. Tal facto deve-se à semelhança verificada com o designado método tradicional de abastecimento, uma vez que os componentes a serem processados chegam aos pontos de consumo em contentores de elevada capacidade. Como resultado, obtém-se um ambiente de trabalho caótico (Figura 43), bem como a adoção de condutas pouco ergonómicas (Figura 44).



*Figura 44 - Abastecimento dos postos de trabalho em contentores de elevada capacidade*

Fonte: Própria



*Figura 43 – Prática de abastecimento no posto de trabalho para um ponto de WIP mais próximo do Robot*

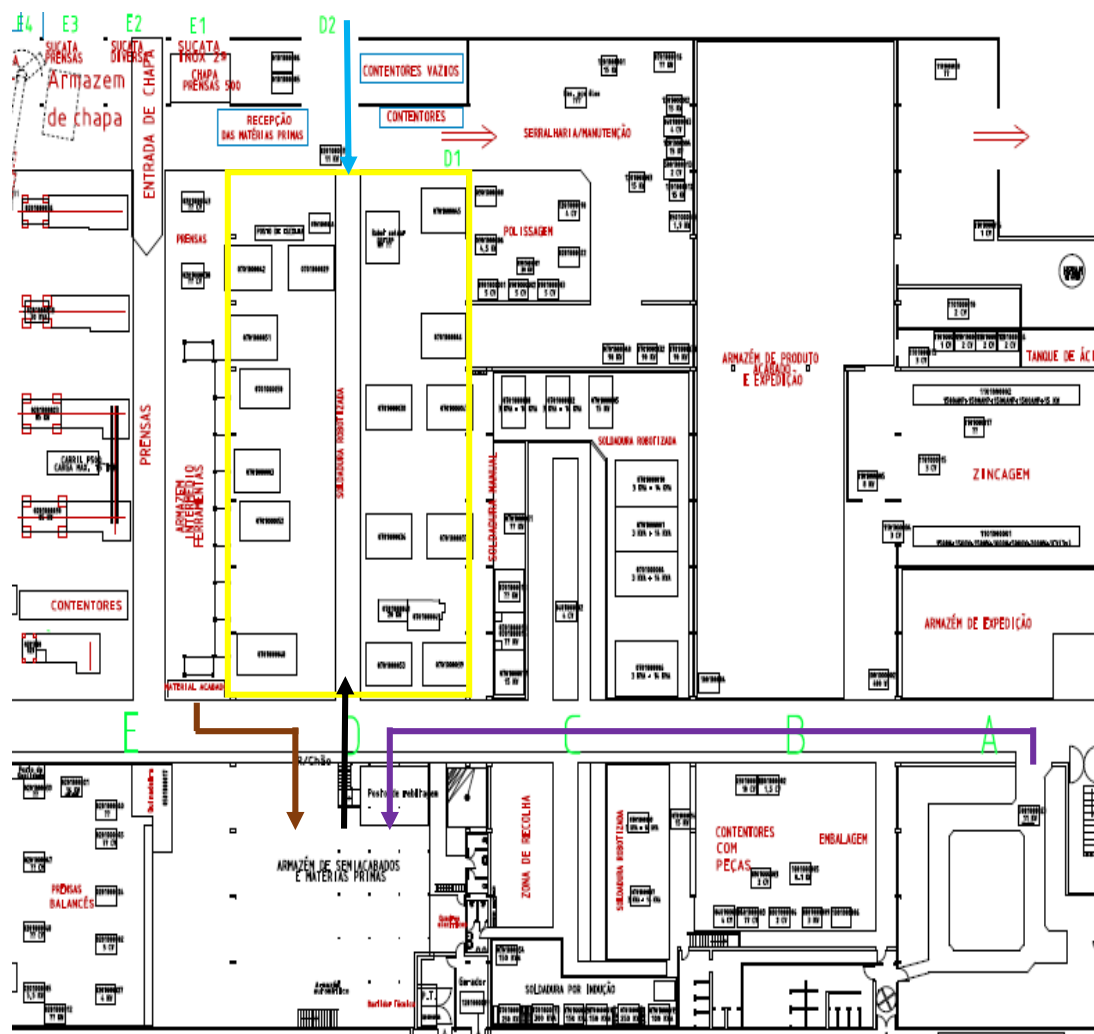
Fonte: Própria

Por forma a culminar com o tópico do abastecimento atual, serve de título ilustrativo a Figura 45, que tem o intuito de representar os fluxos levados a cabo no ato do abastecimento da família XPTO, enquanto a Figura 46 visa espelhar a recolha do material. Em ambas as ilustrações, o sector de soldadura robotizada encontra-se delimitado a amarelo.

Para a produção desta família de produtos, é necessário abastecer os postos de trabalho com os componentes necessários e uma paleta de KLT vazia (constituída por 30 KLT) onde serão alocados os produtos resultantes do processo. As paletes vazias encontram-se no exterior da organização, como ilustrado na Figura 38. O fluxo do abastecimento das paletes vazias encontra-se representado na Figura 45 a azul.

Relativamente aos componentes, esta família é constituída por duas categorias de componentes distintas: chapa e arame. A chapa resulta do sector de estampagem, sendo acomodada em contentores. Após a produção, os contentores de chapa são armazenados num ponto intermédio existente no sector da estampagem, por ação de um elemento existente neste sector que conduz igualmente um empilhador. Assim que se verifique a existência de contentores neste ponto, a colaboradora do armazém de semiacabados retira-os via *stacker* e aloca-os no armazém de semiacabados (seta a castanho). No que concerne ao arame, este é produzido na secção designada de conformação de arame/tubo, sendo igualmente acomodado em contentores. Assim que se dê a

Assim que seja despoletada a necessidade num dos postos de trabalho da família XPTO, quer seja de chapa ou de arame, a colaboradora do armazém de semiacabados retira o material da pilha em que este se encontra e movimenta-o para o posto em questão (seta a preto).



Fonte: Própria

Os contentores vazios ao serem transferidos, por ação da colaboradora da produção, para o corredor de circulação, podem ser reencaminhados pelo empilhador para a zona exterior (seta a verde) que é o local mais indicado para a armazenagem de contentores vazios ou podem ser reencaminhados para o sector da estampagem, caso se verifique a sua necessidade (seta azul). No





relativas ao abastecimento e recolha do material, a organização sentir-se-á mais convicta pela opção de mudança. Note-se que esta investigação irá incidir, a pedido da organização, nos Robots que estão dedicados à família XPTO, uma vez que esta assume especial relevância para o sector, como comprovado pela análise ABC.

Outro aspeto que importa clarificar é que não foi considerada a constituição atual da família XPTO, mas antes a que se espera vir obter num futuro próximo. Assim sendo, os novos projetos que irão integrar a família também estão aqui contemplados no cálculo do OEE, sendo que para estas referências realizou-se uma extrapolação do que se verifica para as existentes. Por outro lado, apesar da referência 95 se encontrar em produção, possui atualmente uma dinâmica no posto de trabalho distinta face às referências 94 e 97. Isto porque, normalmente laboram duas colaboradoras em simultâneo, o que leva a que os Robots afetos a esta referência não parem devido às perdas relativas ao abastecimento e recolha, sendo que estas atividades são desempenhadas por uma das colaboradoras, enquanto a outra se dedica integralmente aos Robots. Com a proposta de um novo sistema de transporte, projeta-se uma nova disposição dos Robots, à semelhança do que se constata para a referência 94 e 97 (a explorar num capítulo posterior). Desta feita, o cálculo do OEE foi levado a cabo tendo o pressuposto de que todas as referências (atuais e em perspetiva) laborem de acordo com o já verificado para as referências 94 e 97. Como consequência, tem-se uma extrapolação integral das referências em processo de industrialização (181/182 e 69), e por outro lado, a referência 95 foi igualmente extrapolada no que toca às paragens originadas pelo abastecimento e recolha.

Por forma a concretizar o cálculo do OEE, como já mencionado, procedeu-se a um estudo de tempos, com o intuito de obter os tempos de ciclo dos Robots, e por consequência o output teórico para o cálculo da performance. Uma vez que não se verificou o ajuste das amostras a nenhuma distribuição teórica, considerou-se o valor correspondente à média amostral.

Uma vez que as referências 181/182 ainda se encontravam em projeção no momento em que foi efetuada esta análise, o tempo de ciclo associado à soldadura destas referências foi extrapolado com base no menor valor observado para as referências atuais (84 segundos). Por outro lado, apesar da referência 69 se encontrar igualmente num estágio embrionário, já tinham sido realizados ensaios de soldadura à data da análise deste indicador, o que permitiu apurar um valor de 55 segundos para o seu tempo de ciclo. Os resultados obtidos encontram-se expressos em termos médios na Tabela 7.

*Tabela 7 – Resultado do estudo de tempos para os Robots dedicados à família XPTO*

Fonte: Própria

Referência	Robot	Tempo de ciclo médio (segundos)
94	52	84
97	3	85
95	38	90
	47	90
181 e 182	-	84 (extrapolação)
69	50	55 (ensaio na empresa)

Para calcular o OEE, foi igualmente necessária a aplicação de uma folha de registo à qual as colaboradoras faziam uso sempre que o Robot parava. Recorreu-se a um formulário já existente na Epedal (Anexo F), mas que não se encontrava em aplicação, aquando do desenvolvimento do Projeto, para a quantificação destas perdas. Note-se que este formulário possui o inconveniente de estar subdividido em espaços temporais de 5 minutos. Desta forma, encontra-se inviabilizada a hipótese de contabilizar potenciais micro-paragens. Por outro lado, qualquer formulário aplicado irá estar suscetível à sensibilidade da colaboradora da produção para a contabilização das perdas, sendo que idealmente deveria existir algum controlo informático, com o intuito de haver um maior rigor dos dados recolhidos.

Com a informação recolhida através deste formulário, tornou-se possível calcular diretamente duas das dimensões que integram o cálculo do OEE (Equação 6): a performance e a qualidade. A performance foi calculada tendo por base a Equação 4, enquanto que a qualidade foi calculada através da Equação 5.

Seguidamente, para o cálculo da disponibilidade revelou-se necessário realizar a distinção entre perdas planeadas e não planeadas. Foi considerado que as primeiras são todas aquelas que ocorrem diariamente e com momento de ocorrência conhecido *a priori* (lanche, refeição, teste de qualidade da peça e limpeza). Estas perdas serão subtraídas à duração do turno e irão originar o tempo total operacional. No que toca às perdas não planeadas, foi definido que são todas aquelas que não são nem perdas planeadas nem por inatividade. Ou seja, estas podem, ou não, ocorrer diariamente, mas não se conhece *a priori* o momento exato em que estas irão ocorrer. Poderão ser perdas mais frequentes, como mais longínquas. A subtração das perdas não planeadas ao tempo total operacional irá originar o tempo de operação líquido, como exemplifica a Equação 1.

Como supracitado no capítulo 2, as perdas por inatividade dizem respeito às perdas que têm como causa a máquina e poderão necessitar de algum nível de manutenção. Por outro lado, os tempos de *setup* e de arranque também se encontram aqui contemplados. Subtraindo as perdas por inatividade ao tempo de operação líquido, obtém-se o tempo de funcionamento real (Equação 2). Da Equação 1 e 2, resulta uma das parcelas para o cálculo do OEE: a disponibilidade, tal como a Equação 3 demonstra.

Considerou-se oportuno recolher um mês de registos como amostra, apesar da produção desta família não obter flutuações significativas. Assim sendo, estes resultados dizem respeito ao mês de janeiro de 2016 (de 4 a 29). A Tabela 8 reflete o levantamento das perdas existentes para a família XPTO.

*Tabela 8 – Identificação das perdas existentes na produção da família XPTO*

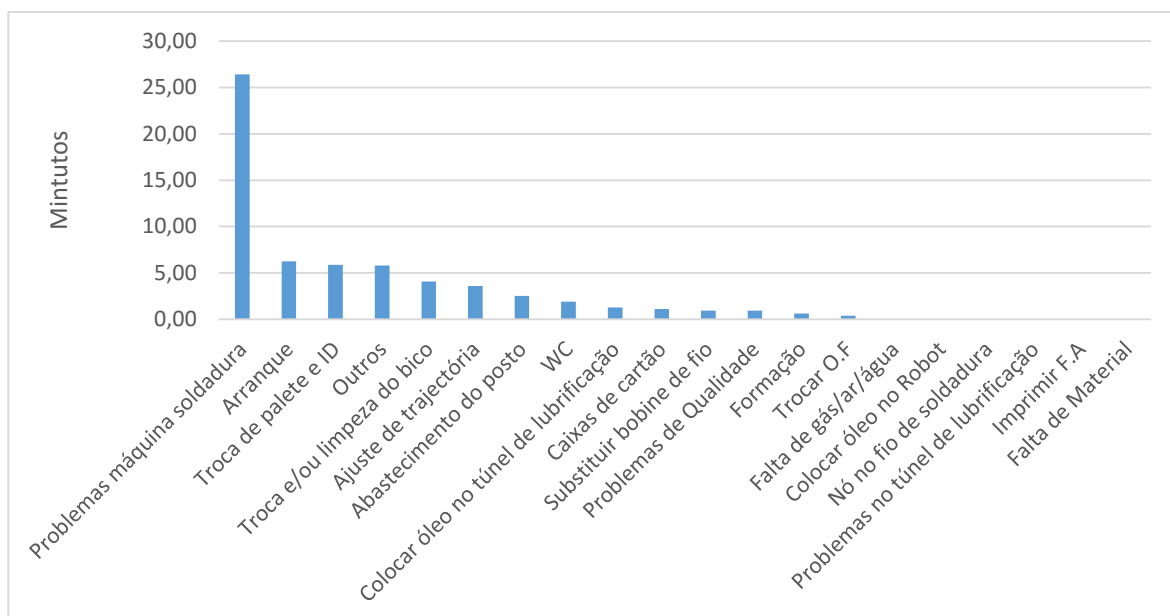
Fonte: Própria

<b>Perdas por Inatividade</b>	<b>Perdas Não Planeadas</b>
Arranque	Abastecimento do posto
Troca e/ou Limpeza do bico	Troca de paleta e identificação (ID)
Ajuste de trajetória	Caixas de cartão (formar caixas de cartão e/ou passar o material dos KLT para as caixas)
Problemas máquina soldadura	Falta de material
Nó no fio de soldadura	Trocar ordem de fabrico (O.F)
Colocar óleo no Robot	Imprimir ficha de acompanhamento (F.A)
Colocar óleo no túnel de lubrificação	Substituir bobine de fio de soldadura
Problemas no túnel de lubrificação	Problemas de qualidade
-	Formação
-	Falta de gás/ar/água
-	WC
-	Outros

A categoria de outros deverá representar acontecimentos aleatórios, sendo que para o mês de observação se destacam as seguintes ocorrências:

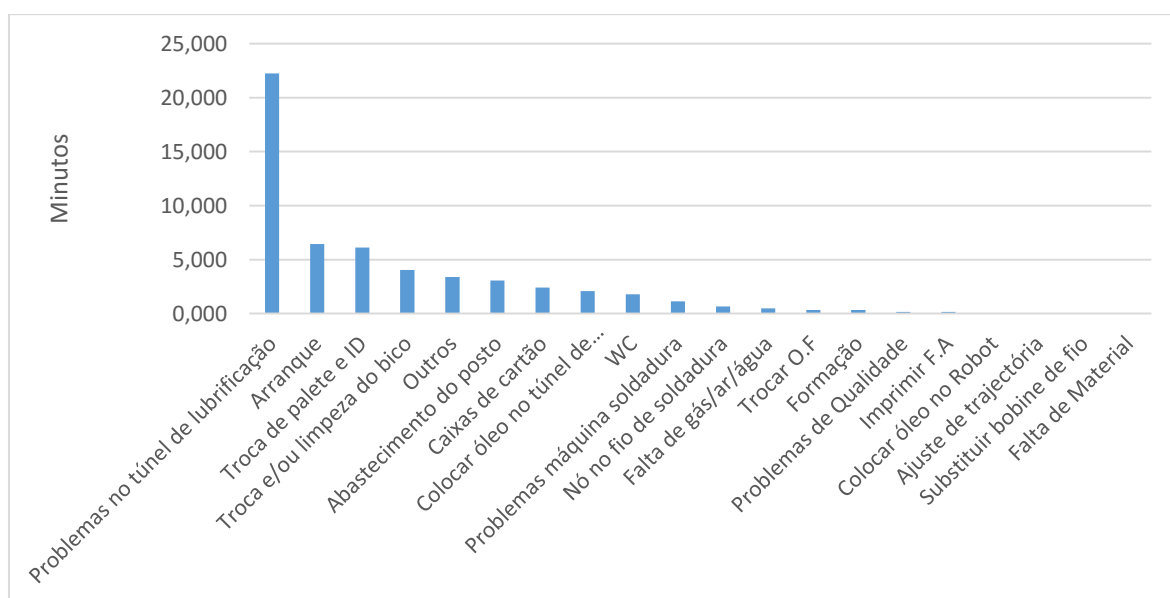
- Avaria do túnel de lubrificação de um posto da família XPTO, o que implicou a dedicação de um outro posto, em que o túnel de lubrificação estava em pleno funcionamento, à lubrificação das peças produzidas pelo primeiro;
- Secagem de caixas KLT que se encontravam molhadas;
- Limpeza e embalagem de peças vindas de retocar;
- Buscar material suplementar (luvas, detergente de limpeza, panos);
- Atribuição de cacifos às colaboradoras e exemplificação do funcionamento;
- Buscar registos em falta;
- Recurso a primeiros socorros básicos (averiguar estado febril).

As Figuras 47 e 48 demonstram a distribuição das perdas que mais afetaram os Robots dedicados às referências 94 e 97, respetivamente. Estes resultados representam a média por turno das perdas verificadas para o mês de amostra, sendo que estes valores não resultam de qualquer extrapolação. Em ambos os cenários é possível observar que as perdas relativas ao abastecimento e recolha não são as mais preponderantes. Para além do mais, pode-se indagar que as perdas relativas à troca de paleta e identificação da mesma são mais elevadas do que as do abastecimento do posto (troca de um contentor vazio por um cheio). A formação de caixas de cartão também ocorre em situações excecionais, dando-se quando o cliente muda a especificação da embalagem (ao invés da paleta de KLT, pretende que a paleta seja constituída por caixas de cartão). No entanto, pode-se ainda aludir ao facto de apesar de não ser a líder, a paragem relativa à troca de paleta e identificação assume destaque, sendo que na referência 94 contabiliza 8,57% das perdas, enquanto na referência 97 contabiliza 11,01% das perdas por turno. Para o Robot 52, contabilizam-se (em média) 9,5 minutos por turno de perdas relacionadas com o sistema de abastecimento e recolha atual, enquanto que para o Robot 3 verificam-se 11,6 min.



**Figura 47 – Duração média por turno das perdas verificadas na produção da referência 94 da família XPTO, referente ao mês de janeiro de 2016**

Fonte: Própria



**Figura 48 – Duração média por turno das perdas verificadas na produção da referência 97 da família XPTO, referente ao mês de janeiro de 2016**

Fonte: Própria

Importa reforçar que as colaboradoras identificam no final do turno o número de KLT que produziram, mesmo que não tenham completado a paleta. No entanto, este procedimento encontra-se incorporado na paragem planeada designada de limpeza. Desta forma, o valor médio da perda referente à troca de paleta e identificação encontra-se subvalorizada.

Relativamente às restantes referências, algumas extrapolações tiveram de ser efetuadas, como já mencionado. Foi solicitado às colaboradoras da produção que se encontravam no posto de trabalho referente à referência 95 que dada a ocorrência de qualquer perda que estivesse relacionado com os Robots, para especificarem em qual dos Robots (38 ou 47) é que se tinha verificado a perda. As únicas intervenções realizadas nos dados desta referência dizem respeito às perdas relativas ao abastecimento e recolha, em que foram contabilizadas perdas com base em previsões da necessidade do posto. No que diz respeito ao *output* foi analisado o *output* real registado na folha de seguimento de produção e o valor obtido foi repartido pelos dois Robots. Relativamente às referências 181/182, toda a informação foi extrapolada a partir dos dados observados para a referência 97. Por último, as perdas relativas à referência 69 foram igualmente extrapoladas da referência 97, à exceção do valor de *output*. O *output* real foi definido tendo o pressuposto de manter os níveis de performance verificados para as restantes referências. Em Anexo (Anexo G-L), encontra-se detalhado os dados que concernem às perdas verificadas e extrapoladas para cada uma das referências, bem como a representatividade de *output* que cumpre os requisitos de qualidade.

Com a implementação de qualquer um dos sistemas de transporte já aludidos, as perdas experienciadas pelos Robots que serão eliminadas são: troca de palete e identificação, abastecimento do posto e as perdas relativas às caixas de cartão. Apesar de não se ter verificado a ocorrência da perda relativa à falta de material para esta amostra (dado o atual sobredimensionamento da necessidade dos postos, sob a forma de contentores de elevada capacidade), a mudança do método tem do mesmo modo como pressuposto a inexistência desta perda.

Neste seguimento, confronta-se o cálculo do OEE atual e o esperado para cada uma das referências (Tabela 9), sendo estes resultados calculados à luz da Equação 6. Para o cálculo do OEE esperado foram retiradas as perdas não planeadas designadas de: abastecimento do posto, troca de palete e identificação e caixas de cartão. Ainda foi convertido em *output* “real” o tempo associado a estas perdas que deixarão de existir.

*Tabela 9 – Comparação dos resultados do OEE*  
Fonte: Própria

Referência	OEE Atual		OEE Esperado		Melhoria	
	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
94 (Robot 52)	58,60%	70,17%	60,47%	72,06%	1,87%	1,89%
97 (Robot 3)	67,04%	68,07%	69,57%	70,06%	2,53%	2,53%
95 (Robot 38)	70,85%	74,05%	72,54%	75,75%	1,69%	1,70%
95 (Robot 47)	75,33%	74,03%	77,03%	75,73%	1,70%	1, 70%
181 e 182	66,25%	67,28%	68,75%	69,77%	2,50%	2,49%
69 (Robot 50)	72,84%	75,63%	75,56%	78,38%	2,72%	2,75%

As eventuais diferenças no valor apurado do OEE do primeiro turno face ao segundo, reside na performance verificada em cada turno. Como já aludido, este sector de produção possui um número notório de colaboradoras em fase de formação, o que poderá originar uma menor performance.

Como se pode observar, a referência 97 sofre mais perdas passíveis de serem eliminadas com a melhoria do sistema de abastecimento e recolha face à referência 94. As restantes referências são as que foram de algum modo extrapoladas. Importa quantificar esta melhoria teórica, que em termos médios assume um valor de 2,2%. Este potencial aumento no OEE traduz-se no seguinte benefício:

$$0,022 \times 255 \text{ dias de trabalho} = 5,6 \text{ dias de trabalho}$$

*Equação 9*

Em suma, ao fim de um ano civil as melhorias irão refletir-se num ganho equivalente a uma semana de trabalho.

## 5. Projeto: desenvolvimento e aplicação de melhorias

Neste capítulo será detalhado o princípio de funcionamento idealizado para cada um dos sistemas de abastecimento e recolha em análise. Para o efeito, inicia-se este tópico com a apresentação do estudo realizado que concerne à determinação da capacidade dos KLT a serem usados nestes sistemas, bem como o estudo da cadência de produção. Seguidamente, são definidos os elementos que constituem cada um dos sistemas de transporte, culminando com a identificação de algumas das vantagens e desvantagens que cada um dos sistemas equacionados possui sob o outro. Neste seguimento, apresenta-se a demonstração de resultados da análise *Total Cost of Ownership* (TCO). A partir deste indicador, realiza-se uma alusão à solução mais benéfica. No final, são destacadas algumas melhorias intrínsecas aos postos de trabalho da família de produtos XPTO, que não se prendem com a implementação de um novo sistema de abastecimento e recolha de material.

### 5.1. Capacidade dos KLT

Cada um dos sistemas equacionados partilha a ideologia do modo de acomodação dos materiais. Os componentes poderão ser alocados num dos seguintes KLT:

- pequeno (0,300 x 0,195 x 0,145 m);
- médio (0,390 x 0,295 x 0,145 m);
- grande (0,390 x 0,295 x 0,280 m);
- muito grande (0,590 x 0,390 x 0,145 m);

A Figura 49 espelha os exemplares aludidos.



Figura 49 – Exemplares de KLT definidos para a família de produtos XPTO

Fonte: Própria

No que concerne ao produto acabado, estes deverão ser alocados num KLT designado de grande ou muito grande, consoante a referência em questão. A Tabela 10 visa resumir a embalagem, quer dos componentes, quer do produto acabado, para cada uma das referências.

*Tabela 10 – Definição de embalagem dos componentes e produto acabado das referências que integram a família XPTO*  
Fonte: Própria

Referência	Componentes	KLT componentes	Quantidade (peças)	Peso (Kg)	KLT produto acabado	Quantidade (peças)	Peso (Kg)
<b>94/95/97</b>	Chapa	Médio	100	13	Grande	40	8
	Arame	Médio	300	12			
<b>69</b>	Chapa	Muito grande	15	13	A definir pela Epedal	A definir pela Epedal	-
	Arame 1	Grande	250	13			
	Arame 2	Pequeno	150	5			
<b>181/182</b>	Chapa 181	Grande	50	12	A definir pela Epedal	A definir pela Epedal	-
	Chapa 182	Grande	50	12			
	Arame	Médio	250	12			

O estudo do dimensionamento da capacidade dos KLT dos componentes relativos às referências 94, 95 e 97 foi realizado *a priori* do Projeto aqui descrito. O dimensionamento do componente designado de chapa fundamentou-se no volume e geometria da chapa face à capacidade dos KLT (Mingatos, 2010). Por outro lado, o dimensionamento do componente denominado de arame regeu-se segundo os mesmos pressupostos, tendo igualmente em consideração a não ultrapassagem do peso considerado de limite (15 Kg). Apesar destes dimensionamentos ainda não se encontrarem em plena aplicação, visto que ainda se faz recurso aos contentores, estes são respeitados na estrutura existente no próprio gabari de soldadura (Figura 29), em que as colaboradoras retiram os componentes dos contentores, colocando-os nos KLT existentes na estrutura mencionada.

Quanto às restantes referências, já foram delimitadas algumas considerações relativas à embalagem. No entanto, visto que são referências ainda em projeção, foram assumidos alguns pressupostos com o intuito de levar a cabo a análise que é aqui atendida. Atualmente, o produto acabado das referências 181/182 e 69 possuem a sua embalagem definida através de contentor, o que não se compactua com o princípio de funcionamento de nenhum dos sistemas de transporte em análise. Assim sendo, foi considerado que o KLT de produto acabado destas referências irá possuir uma capacidade igual à capacidade do KLT de menor dimensão dos respetivos componentes. Assim sendo, para estes casos a capacidade do KLT de produto acabado será idêntica à capacidade da correspondente chapa. Explicitando, o KLT de produto acabado da referência 69 acomoda 15 peças, enquanto que o KLT referente às referências 181/182 acomoda 50 peças.

## 5.2. Levantamento da cadência de produto semiacabado e produto acabado

Torna-se imperativo quantificar a necessidade de abastecimento e recolha para qualquer um dos sistemas de transporte. Para o efeito, é necessário conhecer o tempo de ciclo de cada um dos Robots afetos à família XPTO. Apesar de já ter sido concretizado esse estudo em novembro de 2015 e ter-se avaliado o OEE com esses tempos, revelou-se a necessidade de atualizar esses dados durante o mês de março de 2016. Tal facto deveu-se a melhorias provocadas na rotina de soldadura. Por outro lado, a variação do material que está a ser soldado poderá criar impacto no tempo de ciclo do Robot. Pode-se afirmar que estes dados nunca serão constantes para um longo



período de tempo, pois facilmente sofrem alterações. O que importa reter é que estas mesmas alterações são diminutas, como se irá observar. Em consequência da facilidade de se criarem alterações, deverá estudar-se cuidadosamente o abastecimento e recolha, de modo a criar as devidas margens de operação, sob pena do insucesso do funcionamento do novo sistema de abastecimento e recolha. Neste sentido, todo o estudo efetuado foi realizado segundo uma ótica pessimista. Esta postura acentuou-se afincadamente na contabilização da necessidade de componentes, sobrevalorizando-a, com o intuito de conferir robustez à solução de transporte, perante alterações futuras. Deste modo, fica assegurada a existência de componentes no posto de trabalho (para qualquer um dos sistemas de transporte), bem como não é desvalorizado o tempo de atuação do operador logístico (igualmente para qualquer um dos cenários). Na eventualidade da implementação de um dos sistemas de transporte, poderá vir a constatar-se que quer a necessidade de componentes, quer o tempo de atuação do operador logístico sejam inferiores. No entanto, são elementos críticos para o estudo de viabilidade e o cenário pessimista deverá ser contemplado, sob pena de obter uma solução subvalorizada e mal equacionada, e com custos de implementação associados.

O estudo de tempos baseou-se nos mesmos pressupostos que o anteriormente realizado. Como é possível de observar na Tabela 11, mantém-se a ordem crescente dos tempos de ciclo, sendo que o Robot 52 assume o valor menor e o Robot 47 o valor maior. O que se apresenta como novidade é que todos os Robots assumem um tempo de ciclo máximo igual (87 segundos). Por outro lado, a amplitude amostral do tempo de ciclo do Robot 47 reduziu-se consideravelmente. No entanto, as distribuições continuam sem se ajustar a qualquer distribuição teórica (Anexo M-N).

*Tabela 11 – Resumo das estatística descritivas para as amostras mais recentes*  
Fonte: Própria

	TempoCicloR obot52Atualiz ado	TempoCicloR obot3Atualiza do	TempoCicloR obot47Atualiz ado
N Válido	25	25	25
Omisso	0	0	0
Média	82,28	83,36	86,00
Mediana	82,00	83,00	86,00
Moda	80	82 <sup>a</sup>	85 <sup>a</sup>
Desvio Padrão	2,372	1,823	,866
Variância	5,627	3,323	,750
Mínimo	80	81	85
Máximo	87	87	87

a. Ha várias modas. O menor valor é mostrado

A pedido da organização, foi considerado o valor mínimo do tempo de ciclo de cada um dos Robots (assinalado a azul na Tabela 11) para o cálculo dos *inputs* e *outputs*, de modo a salvaguardar o bom funcionamento do sistema de abastecimento e recolha. O tempo de ciclo do Robot associado à referência 181/182 foi igualmente atualizado, uma vez que neste período já tinham sido realizados ensaios de soldadura dentro da organização, o que tornou possível apurar um valor de 60 segundos. Contudo, não se procedeu a um estudo de tempos, uma vez que se está perante um estágio de ensaios, onde se averigua ainda a necessidade de realizar parametrizações. Por outro lado, o ensaio

foi levado a cabo com um número reduzido de ciclos de soldadura, não sendo compatível com a dimensão estipulada para os restantes Robots (N=25).

### 5.3. Sistema de transportadores

O sistema de abastecimento e recolha denominado por sistema de transportadores é constituído por uma agregação de secções de tapete rolante (para movimentação de componentes) e um transportador aéreo do tipo *powered* (para movimentação de produto acabado). A pertinência desta solução reside na natureza de um dos componentes que dá origem aos produtos da família XPTO: o arame. Neste sentido, o produto acabado facilmente consegue ser transportado no transportador aéreo numa configuração de *carrier* bastante simples, podendo este assumir a forma de gancho. Assim sendo, a peça de produto acabado fica suspensa, aquando do trajeto, pelo arame que a constitui.

A Figura 50 pretende espelhar a disposição e o impacto que este sistema irá provocar no *layout* do sector, se aplicado. Note-se que esta representação não se encontra à escala. A grande diferença face ao *layout* atual e à solução que contempla o comboio logístico, reside na aplicação de um único túnel (a azul designado por ole), ao qual lhe segue um sistema de visão. Este último, irá desempenhar a inspeção da peça, ao nível da qualidade da mesma, bem como diferenciar cada uma das referências, de modo a serem conduzidas ao local que lhes corresponde, sendo estes designados de depósitos (representados a cinzento).

A alteração da disposição dos Robots foi definida para que existisse um único Robot em cada posto de trabalho, sendo que cada posto será exclusivamente afeto a uma das referências que integra a família XPTO. Por outro lado, a afetação do processo produtivo de cada referência foi atribuída a cada Robot pelo grau de semelhança geométrica dos componentes que este irá processar, face aos componentes a processar pelos Robots que se encontram imediatamente na sua vizinhança. Entre a referência 94 e 97 o elemento que se modifica é a chapa, mantendo-se o arame. A atribuição do processo produtivo destas referências não sofreu alteração face ao cenário atual, tal como já ilustrado na Figura 24. Seguem-se dois Robots dedicados à referência 95, e desta feita esta secção de tapete é dedicada ao mesmo material. Por último, seguem-se as referências 181/182 e 69. As referências 181/182 são idênticas, no entanto entre estas e a referência 69 não existe nenhum grau de semelhança, nem relativamente para com as anteriores. Desta forma, as referências 181/182 e 69 foram alocadas pela sua dissemelhança face à família de produtos.

Ainda nesta ilustração, está identificado a azul o conjunto de tapetes rolantes, sendo que este é transversal ao sector de soldadura. Este equipamento irá apenas permitir o abastecimento de componentes, verificando-se a distribuição de secções de tapete a cada par de Robots. Deste modo, os KLT de componentes chegarão à secção de tapete rolante que é partilhada por dois Robots. Dada a semelhança geométrica entre os componentes, é necessário que para além da *tag* que irá integrar o KLT, este possua igualmente uma identificação visual do material que transporta, por forma a que a colaboradora da produção retire o KLT correto para a estrutura que integra o gabari (Figura 29).

A vermelho, encontra-se representado o transportador aéreo, que irá desempenhar unicamente a função de recolha de produto acabado, conduzindo-o ao túnel de lubrificação, seguindo-se o sistema de visão e os correspondentes depósitos.

Note-se que, o tapete rolante está apto para um número mais elevado de material em circulação, uma vez que os componentes se encontram acomodados em KLT, podendo o tapete rolante conduzir diversos KLT em simultâneo. Por outro lado, no transportador aéreo, cada *carrier* irá transportar unicamente uma peça de produto acabado até ao túnel de lubrificação, sendo que o número de peças de produto acabado em circulação depende do número de *carriers* existentes.

A distância entre postos de trabalho é de 5 metros, o que significa que entre o início da zona de abastecimento até à última secção de tapete rolante decorrem 35 metros. Em cada posto de trabalho, a cabine que agrega o Robot possui um comprimento de 4,435 metros. Assim assumiu-se que a cabine juntamente com a zona de operação da colaboradora (a amarelo na Figura 50) terá um comprimento de 7 metros.



Figura 50 -Idealização do layout para a aplicação do sistema de transportadores

Adaptado de: Documentação interna Epedal

Com base em valores padrão fornecidos por um fornecedor consultado, assume-se que o tapete rolante possui uma velocidade máxima de 0,5 metros/segundo. Neste seguimento, o tempo que leva um KLT a chegar ao seu destino desde que sai da zona de carga do tapete rolante, compreende valores entre 44 - 84 segundos, para distâncias entre 22 - 42 metros.

Por outro lado, segundo o parecer do mesmo fornecedor, a velocidade do transportador aéreo já poderá ser ajustada, uma vez que poderá verificar-se variação na necessidade da velocidade exigida (mais ou menos postos de trabalho a laborar em simultâneo). Assim sendo, foi dado como referência uma velocidade mínima de 0,03 metros/segundo e uma máxima de 0,1 metros/segundo. Dada a elevada cadência produtiva desta família de produtos, considera-se que o transportador aéreo irá funcionar com a sua velocidade máxima. Fazendo a mesma analogia, uma peça poderá levar entre 174 - 858 segundos (2,9 - 14,3 min) a chegar ao túnel de lubrificação deste que é libertada do posto de trabalho (distâncias entre 17,4 - 85,8 metros). De salientar que esta duração no trajeto aéreo se demonstra benéfica do ponto de vista do arrefecimento das peças, que é uma etapa que se realiza imperativamente *a priori* da lubrificação das mesmas, sob pena do óleo evaporar, deixando de ser proficiente na sua atuação.

Com a passagem das peças pelo sistema de visão, o sistema de deteção é acionado. Assim sendo, as peças serão conduzidas até ao depósito de peças que lhes corresponde (a cinzento na Figura 50). Um contador estará agregado a cada depósito, de modo a que passem apenas o número de peças requeridas para cada KLT. Quando se verificar a quantidade de produto acabado desejada num dado KLT, será enviado um sinal para que o operador logístico atue, fechando-se de imediato a passagem para o KLT. As peças que chegarem aquando do fecho do depósito serão aglomeradas neste, até que este abra novamente, cedendo a passagem para o KLT. Aquando da troca do KLT cheio por outro vazio, o contador retorna ao valor zero.

Relativamente às alterações de *micro-layout*, a Figura 51 pretende espelhar a área de chão de fábrica libertada por posto de trabalho com a implementação desta solução de transporte de material. Atualmente, em cada posto de trabalho está-se perante uma área ocupada de chão de fábrica estimada de 21,60 m<sup>2</sup>. Considere-se que as referências 181/182 e 69 irão igualmente possuir um posto de trabalho com a mesma área ocupada. Com a implementação desta solução de transporte é perspectivada a eliminação das atuais mesas de inspeção e bancadas para alocação das peças. Para além destas, os túneis de lubrificação deixarão de estar presentes nos postos de trabalho, sendo igualmente libertada a área associada à deposição de contentores com componentes e de paletes de produto acabado. Deste modo, o chão de fábrica de cada posto de trabalho será libertado (na ordem dos 1,54 m<sup>2</sup>), havendo como exceção a área para acomodação dos KLT de componentes que se encontram vazios (dado o consumo de componentes no posto de trabalho), a área correspondente ao tapete rolante (assumindo que este possui uma largura de 0,500 m), bem como a área da cabine onde se encontra o Robot.

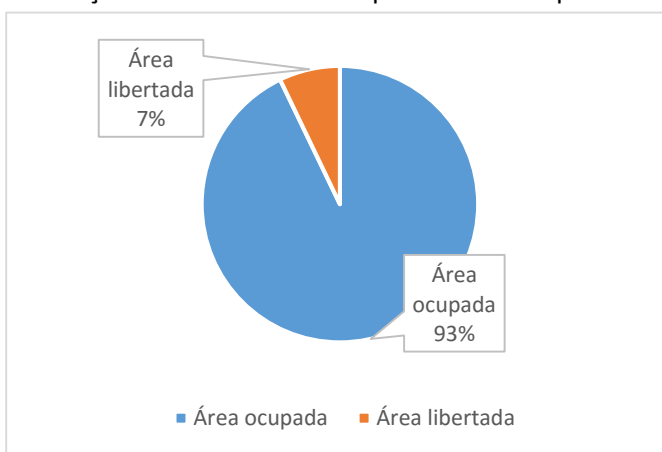


Figura 51 – Representação da estimativa da área libertada em m<sup>2</sup> por posto de trabalho com esta solução de transporte  
Fonte: Própria

Não obstante, a área associada à ocupação das paletes de produto acabado irá igualmente manter-se à saída do sistema de visão. Por outro lado, na zona de abastecimento do tapete rolante terá igualmente de existir uma zona para alocação dos KLT de componentes. Ao invés da existência de

seis túneis de lubrificação (um por cada posto), irá dar-se a existência de um único túnel que possuirá maior dimensão que os primeiros. Para o efeito, vai-se considerar que este possui o dobro do comprimento. Por último, o tapete rolante também irá contribuir para a ocupação da área de chão de fábrica do sector de soldadura robotizada. Perante as considerações tomadas, este sistema de transporte irá possuir um impacto negativo na área de chão de fábrica assumida no sector, sendo que se estima que irá haver um acréscimo de  $10,00\text{ m}^2$  de área de chão de fábrica ocupada.

### 5.3.1. Princípio de funcionamento do automatismo

Por forma a criar uma maior compreensão do automatismo do sistema, seguem os fluxogramas dos passos assumidos à entrada do sistema de transporte e dos verificados à saída do mesmo, respetivamente.

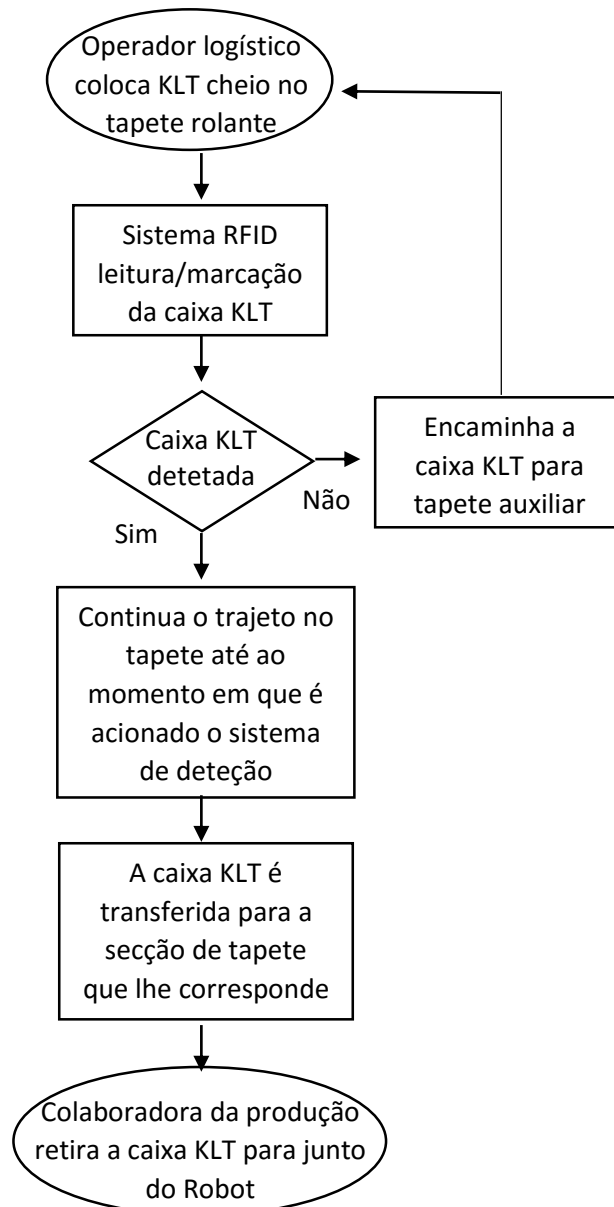
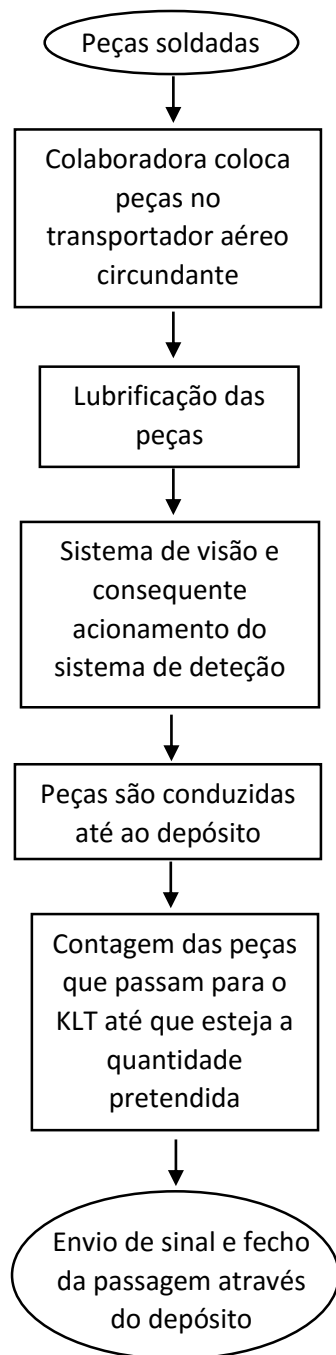


Figura 52 – Fluxograma referente ao processo de abastecimento por meio do tapete rolante  
Adaptado de: Documentação fornecedor



*Figura 53 – Fluxograma referente ao processo de recolha por meio do transportador aéreo*  
Adaptado de: Documentação fornecedor

### 5.3.2. Função do operador logístico

De modo a manter a nomenclatura face ao sistema que contempla o comboio logístico, o operador logístico será aquele que é responsável por abastecer o tapete rolante e recolher o produto acabado.

A função que este recurso humano irá desempenhar descreve-se através das seguintes atividades:

- Abastecer o tapete rolante com os componentes necessários. Para o efeito, terá de ir buscar o material ao armazém de semiacabados sempre que indispensável, colocando-o num local (a definir) junto do tapete rolante;
- Trocar os KLT cheios de produto acabado à saída dos respetivos depósitos por outros vazios, colocando os primeiros na respetiva paleta;
- Identificação das paletes quando estas estiverem completas, conduzindo-as ao armazém de produto acabado e expedição, via *stacker*;
- Recolha no final do turno dos KLT vazios que se encontram nos postos de trabalho.

De salientar que para o sucesso de qualquer um dos sistemas de transporte aludidos, a implementação de KLT deverá ser transversal à fábrica. Assim, os componentes já deverão ser movimentados a partir da respetiva secção onde são processados em paletes, constituídas por KLT com a quantidade estipulada.

Como se encontra subentendido, o operador logístico necessita de conhecer a necessidade de abastecimento de componentes (Tabela 12).

*Tabela 12 – Levantamento da necessidade horária de abastecimento*

Fonte: Própria

	94	97	95	95	181/182	69	Total (KLT)
<b>Tempo Ciclo (Seg)</b>	80	81	85	85	60	55	-
<b>Consumo de componentes por hora</b>	225	225	215	215	300	65	-
<b>Número de KLT chapa</b>	4	4	4	4	6	5	27
<b>Número de KLT arame</b>	1	1	1	1	2	2 (1+1)	8
<b>Total a Abastecer</b>	5	5	5	5	8	7	<b>35</b>

Como supracitado, o estudo assumiu uma ótica pessimista, inclusive na quantificação da necessidade de abastecimento. Analisemos em primeiro lugar a referência 94. A Tabela 12 informa-nos que a sua necessidade por hora é de 225 de cada um dos componentes que constituem esta referência. Assim, significa que por gabari são necessários aproximadamente 115 de cada um dos componentes. Neste seguimento, em cada gabari vão ser necessários dois KLT de chapa para responder à necessidade de 115 deste componente. Por outro lado, o KLT de arame está dimensionado para 300 peças deste componente. Cada KLT de arame que se encontra na estrutura do gabari irá ser suficiente para cobrir a necessidade em aproximadamente 2 horas e 30 minutos. Assim sendo, se se fornecer um KLT de arame por hora, garante-se que ao fim de duas horas existem dois KLT de arame disponíveis para serem repostos. A mesma lógica se aplica às referências 95 e 97.

No que concerne às referências 181/182 o número de KLT de chapa encontra-se de acordo com a necessidade, sendo que por gabari serão necessários três KLT referentes a cada uma das chapas (ou chapa 181 ou chapa 182). Por outro lado, existe uma necessidade de 150 arames por cada gabari, o que se traduz na satisfação da necessidade na primeira hora, mas ao fim desta ter-se-á de trocar em ambos os gabaris de soldadura os KLT referentes ao arame. Desta forma, sob valorizou-se esta necessidade.

Por último, mas não menos importante, a referência 69 já possui uma lógica distinta, pelo menos no que diz respeito à chapa. Isto porque dada a geometria da chapa, não é possível colocar o KLT deste componente no gabari de soldadura à semelhança das restantes referências. Assim sendo, analisa-se a necessidade em termos globais e não por gabari de soldadura. Deste modo, serão necessários cinco KLT de chapa para responder à necessidade horária de 65. Relativamente aos KLT de arame, será necessário 1 KLT de cada referência de arame para satisfazer a mesma necessidade. Não obstante, esta necessidade encontra-se exageradamente sobrevalorizada, tendo depois de ser afinar em contexto prático se se irá abastecer estes arames numa frequência constante de uma hora.

Relativamente ao abastecimento dos componentes, existem dois modos passíveis de operação:

1. o operador logístico abastece de uma única vez (a cada hora) a quantidade total de componentes necessários, uma vez que as subsecções de tapete rolante possuem área para albergar este WIP;
2. o operador logístico vai abastecendo conforme a sua disponibilidade, desde que cubra a quantidade necessária.

Em qualquer um dos modos é necessário ter em consideração o tempo que leva a que o material chegue até ao destino (posto de trabalho). De igual forma, o operador necessita de ter em mente que existe produto acabado que espera a atuação do operador logístico (quer seja a troca de KLT à saída do depósito, quer a troca de paleta de produto acabado).

Considerando que o operador demora 10 segundos a colocar cada KLT de componentes no tapete rolante, leva a que no modo de operação 1 o operador logístico abasteça a família de produtos em aproximadamente 6 minutos, ficando o tempo restante dessa hora de trabalho a desempenhar as remanescentes tarefas. Neste sentido, o primeiro modo de operação apresenta-se como sendo o mais indicado, pois evita que o operador logístico se esqueça de abastecer algum componente e não compromete as restantes atividades a desempenhar, dada a duração que toma a atividade de abastecimento do tapete rolante.

Relativamente à recolha da paleta de produto acabado, conduzindo-a até ao armazém de produto acabado e expedição, estima-se que o operador logístico irá dedicar 1 hora e 10 minutos do seu dia de trabalho a esta tarefa (considerando que demora 10 minutos por cada troca de paleta e sendo que a referência 95 tem dois Robots que lhe são dedicados). Se esta tarefa for realizada uma vez por hora, obtêm-se uma dedicação de 10 minutos por hora a esta tarefa. Considerando que o operador logístico possui igual tempo (10 minutos) dedicado por hora à tarefa de movimentação dos componentes que se encontram no armazém de semiacabados até à zona a estipular junto do tapete rolante, obtêm-se uma dedicação de 26 minutos por hora no desempenho destas três tarefas. Os restantes 34 minutos serão dedicados à troca de KLT à saída dos depósitos.

Torna-se pertinente elucidar que o tempo que o operador logístico se encontra afeto a este sistema de transportadores é fortemente influenciado pelo número de postos de trabalho que se encontram a laborar em simultâneo. Por outro lado, caso surjam avarias a intensidade do trabalho do operador logístico será diminuída. Mais uma vez, o pior cenário está a ser contemplado, considerando a carga de trabalho máxima. Existe igualmente algum grau de aleatoriedade na sequência de tarefas a desempenhar pelo operador logístico (à exceção do abastecimento do tapete rolante), uma vez que poderá dar-se o caso de ter de trocar em simultâneo diversos KLT à



saída dos depósitos, como poderá verificar-se o desempenho desta tarefa com um espaço temporal mais alargado.

Em suma, pode-se afirmar que para o pleno funcionamento do sistema de transportadores tal como foi idealizado, revela-se imprescindível a afetação integral de um recurso humano em cada turno, o que se denota desfavorável face às expectativas da organização.

### 5.3.3. Função da colaboradora da produção

Neste tópico serão confrontadas as tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema de abastecimento e recolha atual face ao sistema de transportadores. A Tabela 13 resume as tarefas a desempenhar para cada um dos cenários, que se encontram estritamente relacionadas com o sistema de abastecimento e recolha em causa. Isto porque, algumas das tarefas que não são influenciadas pelo sistema de abastecimento e recolha, ou que assumem uma ocorrência esporádicas, não foram contempladas para o efeito de comparação (nomeadamente, substituição da bobine de soldadura, troca e/ou limpeza do bico, entre outros), uma vez que se mantêm para ambos os cenários.

*Tabela 13 – Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual de abastecimento e recolha e no sistema de transportadores*  
Fonte: Própria

<b>Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual</b>	<b>Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema de transportadores</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Montar gabari;</li><li>• Desmontar gabari;</li><li>• Inspeccionar peça;</li><li>• Agrupar peças de produto acabado na bancada;</li><li>• Colocar peças no túnel de lubrificação;</li><li>• Trocar KLT cheio por vazio à saída do túnel de lubrificação;</li><li>• Trocar palete de produto acabado cheia por outra vazia e proceder à identificação da primeira;</li><li>• Trocar contentor de componentes vazio por outro cheio;</li><li>• Abastecer KLT existente na estrutura do gabari a partir dos contentores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Montar gabari;</li><li>• Desmontar gabari;</li><li>• Retirar KLT de componentes do tapete rolante e colocá-lo na estrutura existente no gabari;</li><li>• Colocar produto acabado no transportador aéreo;</li><li>• Retirar os KLT de componentes vazios da estrutura do gabari e colocá-los no local estipulado para o efeito (dentro do posto).</li></ul>

Através da observação da Tabela 13, torna-se evidente que as colaboradoras da produção estarão mais dedicadas a atividades que se prendem com a produção com o sistema de transportadores do que no sistema de abastecimento e recolha atual. Assim, estarão mais tempo afetas à criação de valor. Note-se que todas as atividades de inspeção da peça serão transferidas para o sistema de visão.

#### 5.3.4. Equação do Manuseamento de Materiais

Por forma a culminar com a descrição do sistema de transportadores, alude-se à “Equação do Manuseamento de Materiais” (Figura 54):

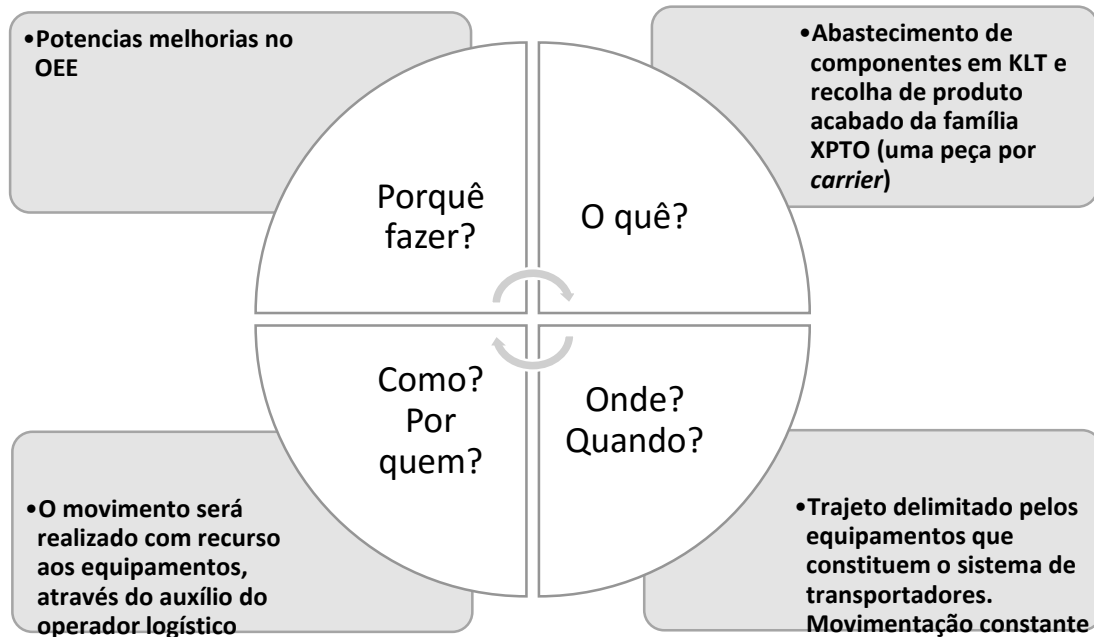


Figura 54 – Equação do manuseamento de materiais para o sistema de transportadores

Fonte: Própria

Resta fazer uma reflexão acerca da implementação deste sistema, que é a de não incutir nenhum grau de metamorfismo relativamente ao manuseamento de materiais aquando da entrada e saída do material no sector de soldadura. Isto porque, as paletes de KLT (com componentes e produto acabado) serão igualmente transportadas via *stacker* do armazém de semiacabados até à zona de abastecimento do tapete rolante, bem como da zona de saída do sistema de transportadores até ao armazém de produto acabado e expedição. Neste seguimento, a única alteração evidente que se terá de efetuar é no armazém de semiacabados, uma vez que ao invés de contentores com componentes (como se constata atualmente) irão obter-se paletes com KLT de componentes. Neste sentido, torna-se necessário proceder a uma reestruturação deste armazém ao nível da sua infraestrutura, o que ultrapassa os contornos deste Projeto. Relativamente ao armazém de produto acabado e expedição, o mecanismo de receção do produto acabado manter-se-á com esta solução de abastecimento e recolha.

#### 5.4. Comboio logístico

Apesar de uma das vantagens destacadas para este sistema ser a elevada flexibilidade que confere ao processo de abastecimento e recolha, torna-se caricato o facto de para o caso em estudo não se verificar flexibilidade no modo de operação do comboio logístico. As correntes impostas dizem tanto respeito à escassez de área em que o comboio logístico poderá circular, como a intenção da não afetação integral de um recurso humano para desempenhar a função de operador logístico. Todos os requisitos desenhados para este sistema serão detalhados nesta secção.

Torna-se árduo fazer uma desagregação das subsecções que se apresentam, visto que possuem influência umas sob as outras. Desta forma, torna-se oportuno elucidar que as variáveis apresentadas não são de todo independentes.

A Figura 55 retrata as alterações ao nível do *layout*. Note-se que a afetação das referências que integram a família de produtos aos Robots encontra-se à semelhança da idealizada para o sistema de transportadores. A representação não se encontra à escala e nem evidencia pormenores do posto de trabalho em si, como a mesa de inspeção e a bancada onde são colocadas as peças para estas arrefecerem antes de entrarem no túnel de lubrificação. Esta ilustração tem apenas o intuito de evidenciar as alterações que foram idealizadas face ao *layout* atual, bem como ressaltar a discrepância que existe face ao *layout* do sistema de transportadores. Uma primeira ilação a retirar é de que este cenário possui em cada posto de trabalho mais elementos em contacto com o chão de fábrica do que o do sistema de transportadores, nomeadamente ao nível do número de túneis de lubrificação aplicados (um por cada posto de trabalho).

Para o cenário do comboio logístico está contemplada a implementação de bordos de linha (ao invés dos atuais contentores) para a alocação de componentes em cada posto de trabalho, estando estes representados a cor-de-rosa na Figura 55. A castanho, está representada a área onde serão colocados os KLT referentes ao produto acabado. Importa reforçar que esta área a castanho não reflete o que ocorre atualmente, uma vez que não é destinada para as paletes, mas apenas para o número de KLT necessários de produto acabado para cada hora de trabalho.

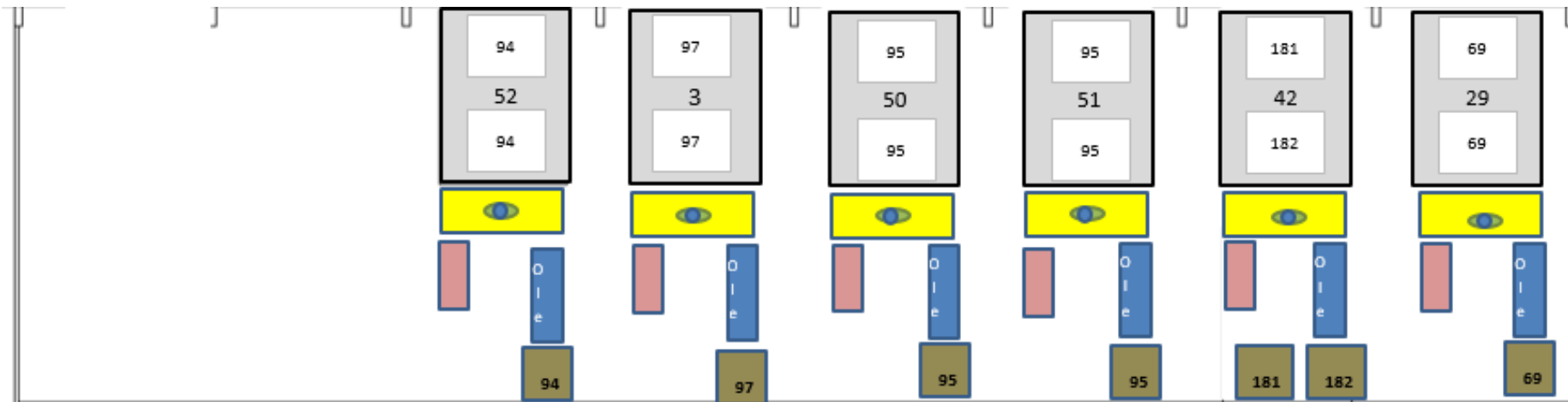


Figura 55 – Idealização do layout para a implementação do comboio logístico  
Adaptado de: Documentação interna Epedal

No paradigma atual, a área de chão de fábrica ocupada corresponde a  $21,60 \text{ m}^2$ . Com a implementação do comboio logístico, as alterações ao nível do micro-*layout* dizem respeito à introdução dos bordos de linha (que ocupariam uma área de  $1,55 \text{ m}^2$ ) e à substituição das paletes de produto acabado por um número de KLT (com uma ocupação estimada de  $0,46 \text{ m}^2$ ) que satisfaça a necessidade existente. A Figura 56 visa espelhar a percentagem de área de chão de fábrica que se conseguirá libertar com a aplicação desta solução de transporte.

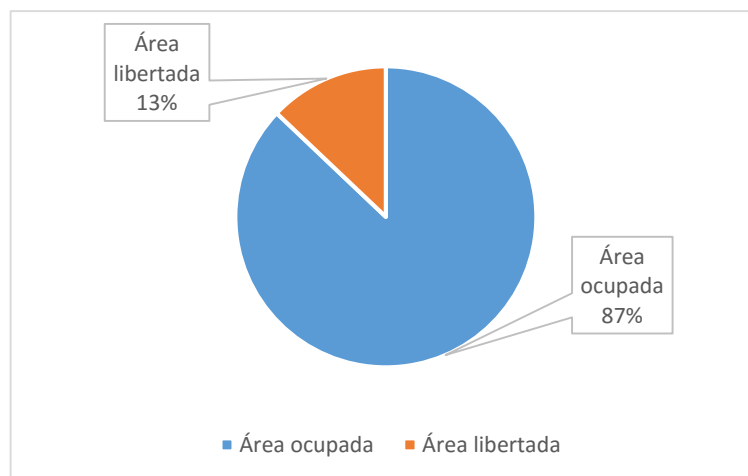


Figura 56 – Representação da estimativa da área libertada por posto de trabalho e no sector de soldadura  
Fonte: Própria

#### 5.4.1. Definição da frequência de passagem

Como ponto de partida para o estudo deste cenário, definiu-se a frequência de passagem pelos postos de trabalho. Um dos requisitos que a organização ambiciona com a implementação do comboio logístico é a não afetação de um novo recurso humano. Desta forma, teria de ser um recurso já existente em que seria acrescido o desempenho da função de operador logístico, sendo este idealmente um elemento integrante da equipa do armazém. Tal requisito traduz-se pela inviabilização de uma frequência de passagem diminuta, tendo sido efetuado o estudo para uma frequência de 1 hora.

A Tabela 14 reflete a quantificação dos KLT a abastecer e a recolher para a frequência de passagem estipulada. Note-se que a definição da necessidade dos componentes segue a mesma filosofia já explicitada para o sistema de transportadores. Nesta tabela, realiza-se a distinção entre Total de KLT: a Abastecer, a Recolher e em Trânsito. Tanto o montante referente ao abastecimento como o da recolha dizem respeito apenas aos KLT cheios. Explicitando, o Total a Abastecer faz unicamente referência ao abastecimento de componentes. A mesma lógica se aplica à recolha, onde se recolhe KLT cheios com produto acabado. No entanto, não se poderá ignorar o facto de ser igualmente necessário o abastecimento de KLT de produto acabado vazios e a recolha de KLT de componentes vazios que necessitam de ser reabastecidos. Sendo assim, em trânsito irá coexistir (idealmente) sempre a mesma quantidade de KLT, tendo em conta que o número de cheios iguala o de vazios.

Tabela 14 – Levantamento da necessidade horária de abastecimento e recolha

Fonte: Própria

	94	97	95	95	181/182	69	Total (KLT)	Total (Peso Kg)
<b>Tempo Ciclo (Seg)</b>	80	81	85	85	60	55	-	
<b>Consumo de componentes por hora</b>	225	225	215	215	300	65	-	
<b>Número de KLT chapa</b>	4	4	4	4	6	5	27	345
<b>Número de KLT arame</b>	1	1	1	1	2	2 (1+1)	8	90
<b>Saída de KLT Produto Acabado por hora</b>	6	6	6	6	8	5	37	≈ 296
<b>Total de KLT a Abastecer</b>	5	5	5	5	8	7	35	435
<b>Total de KLT a Recolher</b>	6	6	6	6	8	5	37	≈ 296
<b>Total de KLT em Trânsito</b>	-	-	-	-	-	-	72	≈ 509

#### 5.4.2. Carruagem

Após a quantificação dos KLT (que é uma etapa imprescindível para o desenho e quantificação do número de carruagens), importa explicar alguns dos pressupostos em que a conceção da carruagem se fundamentou. Estes prendem-se com a imposição ao nível da geometria. Por um lado, e devido a questões de normalização, a largura e comprimento da carruagem não poderiam ultrapassar as dimensões de 1,000 x 1,200 m. Optou-se por assumir um valor de 1,000 m para a largura, uma vez que se espera maior flexibilidade e segurança ao realizar as manobras de mudança de direção, quando comparativamente a uma largura de 1,200 m, uma vez que a primeira é uma largura inferior.

Por outro lado, revelou-se necessário ter especial cuidado com a altura total da carruagem e níveis que a constituem, por forma a preservar as questões do foro ergonómico do operador logístico. A Figura 57 pretende representar os pesos teóricos recomendados para a elevação e descida de pesos, para ambos os géneros (sexo feminino do lado esquerdo da ilustração e sexo masculino do lado direito). Através da ilustração torna-se claro que para um indivíduo do sexo feminino tolera pesos inferiores, comparativamente a um indivíduo do sexo masculino.

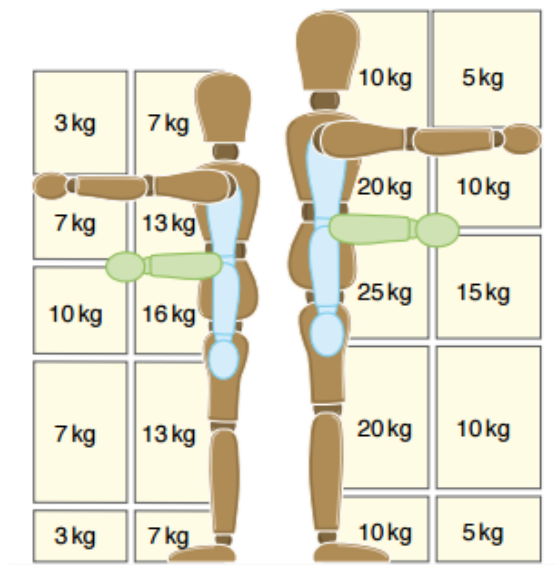


Figura 57 – Ilustração dos pesos teóricos recomendados para a elevação e descida manual de cargas  
Adaptado de: Health and Safety Executive (2011)

Importa distinguir duas distâncias face à posição em que se encontra um indivíduo, que se apresentam como fundamentais: a distância vertical e a horizontal. Como é possível de observar a partir da Figura 57, quanto maior for a distância horizontal da zona de pega de uma carga face à posição do indivíduo, menor é o peso teórico recomendado. Considere-se como exemplo que a carga se encontra acima do nível dos ombros. Se a zona da pega da carga se encontrar mais próxima da posição do indivíduo é teoricamente aceitável o levantamento ou deposição de uma carga de até 7 Kg para o sexo feminino e de até 10 Kg para o sexo masculino. No entanto, se a zona da pega se encontrar mais longínqua da posição do indivíduo, o peso teórico recomendado é de até 3 Kg para o sexo feminino e 5 Kg para o sexo masculino. Contextualizando para o caso prático, os KLT deverão encontrar-se distribuídos na carruagem de modo a estar o mais próximo possível da zona destinada à recolha ou deposição de KLT. Assim, no ato de retirar a carga, esta estará o mais próximo possível da posição em que se encontra o operador logístico, reduzindo deste modo a distância horizontal.



No que concerne à distância vertical, a relação não é linear. Esta distância define-se pela altura em que se encontra a carga. Segundo a Health and Safety Executive (2011), são toleradas cargas de peso mais acentuado, perante os seguintes níveis corporais:


- nível do cotovelo;
- nível dos nós dos dedos;
- e entre a altura dos gémeos e da anca.

Abaixo dos gémeos e acima do nível dos ombros os pesos teóricos aconselhados são inferiores. Como se irá constatar, o protótipo final da carruagem possui níveis (alturas) destinados para a alocação dos KLT que correspondem às zonas recomendadas pela entidade mencionada. O nível mais baixo e o mais alto desta encontram-se a 0,265 m e 1,025 m do solo, respetivamente. O protótipo assume uma altura total de 1,405 m. É neste enquadramento que se manifesta a aplicabilidade das considerações dos pesos teóricos recomendados para a elevação e descida de cargas.

A conceptualização da carruagem manifestou-se através de um processo evolutivo, uma vez que foram desenhados esboços até atingir o modelo que melhor responderia na prática às considerações exigidas (geometria, ergonomia, segurança e flexibilidade). Foi efetuada a modelação em CAD de diversos protótipos de carruagem, com recurso ao *software SOLIDWORKS*, sendo que as versões criadas encontram-se detalhadas na Tabela 15.

*Tabela 15 – Processo evolutivo da conceção da carruagem*  
Fonte: Própria

Versão	Imagem	Forças	Fraquezas
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil visibilidade dos KLT transportados;</li> <li>Modo intuitivo de retirar KLT cheios e colocar KLT vazios;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não respeita as dimensões impostas para a largura e comprimento;</li> <li>Estruturalmente pouco rígido, podendo o material da carruagem apresentar deformação com o uso continuado;</li> <li>Instabilidade gerada pela incorporação de apenas rodízios giratórios;</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>Configuração dos rodízios mais estável (2 fixos + 2 giratórios);</li> <li>Material mais robusto;</li> <li>Possível sobreposição de KLT (pequenos e médios) em altura;</li> <li>Extensível para outros produtos, uma vez que não existe demarcação para os KLT;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rodízios estruturalmente pouco robustos para o efeito (diâmetro de 10 mm);</li> <li>Altura total demasiado elevada (1,600 m);</li> <li>Estrutura pouco rígida;</li> </ul>

3		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensão dos rodízios mais apropriada (diâmetro de 20 mm);</li> <li>• Intenção de desagregar o local de KLT de componentes (nível) dos de produto acabado (coluna);</li> <li>• Altura total da carruagem mais apropriada (1,435 m);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura demasiado pesada;</li> <li>• Estrutura pouco flexível para a extensão a outros produtos que não a família XPTO;</li> </ul>
---	---	---	---

Fruto deste processo evolutivo de conceção, resulta a proposta final para a geometria da carruagem, expressa na Figura 58. A estrutura da carruagem será construída à base de aço, por razões evidentes. Por um lado, o aço tem associado um elevado grau de elasticidade, o que significava que tolera elevadas tensões antes de deformar. Por outro lado, a Epedal possui fácil acesso a este tipo de material, o que permite reduzir o custo relativo à concretização da carruagem, uma vez que esta será produzida internamente.

Como é possível de observar através da Figura 58, este protótipo é constituído por três níveis equidistantes entre si (0,380 m), assumindo uma altura total de 1,405 m. As barras laterais servem o propósito de ressaltar que os KLT não transgridam os limites da carruagem, aquando do movimento da mesma, bem como pretendem conferir rigidez à estrutura. Com a adoção deste modelo de carruagem, está prevista a acomodação de 3 KLT sobre o comprimento de cada nível e de apenas dois sob a largura. Sempre que possível, poderão sobrepor-se KLT médios e pequenos, por forma a otimizar o volume disponível por nível. A vantagem associada a este protótipo é o facto de poder albergar todas as tipologias de KLT, dado o facto de não haver nenhuma delimitação física para a colocação dos KLT, como se constata na versão 1 e versão 3.

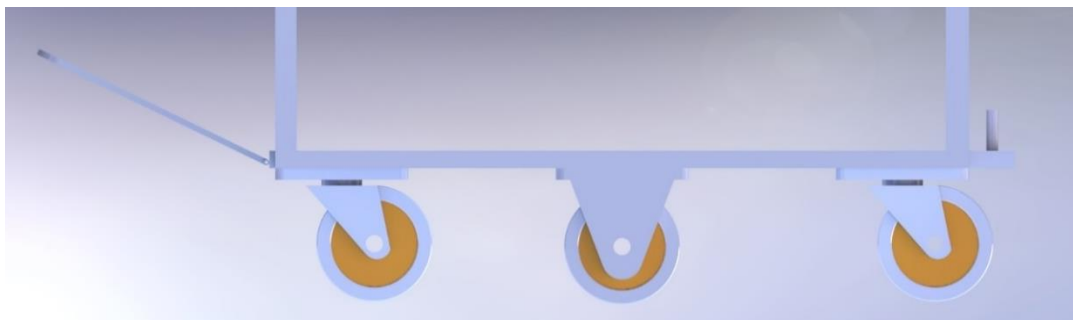




*Figura 58 – Protótipo final da carruagem*  
Fonte: Própria

Outro tópico que assume extrema relevância na conceção da carruagem são os rodízios, pois são estes que irão assegurar a estabilidade e segurança durante o circuito. Para o caso prático, optou-se pela solução com 2 rodízios giratório + 2 rodízios fixos centrais, segundo a terminologia da Novex (n.d.) (Anexo P). Importa esclarecer a diferença entre estes dois tipos de rodízios. Os rodízios giratórios caracterizam-se por a roda estar acoplada a um suporte giratório, o que permite a rotatividade no eixo vertical do rodízio, o que numa última instância confere a facilidade de manobra. Por outro lado, o rodízio fixo é constituído por um suporte não giratório, não havendo qualquer movimento de rotação. Tal facto, garante a estabilidade direccional do equipamento que detém estes rodízios (Rodalgés, n.d.).

Segundo a Novex (n.d.), a solução desenhada garante a facilidade de manobra, sendo que não é recomendada para piso com elevações (subidas ou descidas). Por outro lado, deverá manter-se os rodízios giratórios um plano superior (aproximadamente 5 mm) ao dos rodízios fixos. Deste modo, os rodízios fixos irão ser os elementos em contacto directo com o solo, absorvendo todas as oscilações, bem como permite que todas as carruagens atreladas sigam o mesmo trajeto. Assim sendo, a estabilidade durante o percurso encontra-se salvaguarda. A Figura 59, pretende espelhar em pormenor a solução aludida e aplicada na carruagem, tendo em consideração o desnivelamento de 5 mm dos rodízios.



*Figura 59 – Rodízios que integram a carruagem idealizada*  
Fonte: Própria

Ainda com base nesta figura, pode-se aludir ao princípio de funcionamento de acoplamento das carruagens. Cada uma destas irá ser detentora de um *pivot* e uma haste, estando estes elementos localizados em faces opostas da carruagem. A haste possui um furo onde irá encaixar o *pivot* da carruagem que se encontra imediatamente à sua frente, criando-se deste modo o meio de ligação entre carruagens sucessivas. Na conceção do modo de acoplamento houve a necessidade de estudar qual o comprimento indicado para este meio de ligação, uma vez que este não poderia ser demasiado elevado sob pena de levar ao descarrilamento das carruagens. Neste sentido, assumiu-se que o comprimento da ligação entre a haste e o *pivot* seria de 0,400 m, uma vez que é um valor inferior ao valor correspondente à metade da largura da carruagem (0,500 m). No entanto, sugere-se que quando o protótipo for construído se proceda aos devidos testes por forma a corroborar este pressuposto.

#### 5.4.3. Bordo de linha

Para o esboço dos bordos de linha que irão ser parte integrante dos postos de trabalho as questões de ergonomia tiveram igualmente de ser contempladas, relativamente à altura em que se encontram os níveis para alocação dos KLT. Foram construídos dois modelos distintos, sendo que um diz respeito às referências 94, 95 e 97 (Figura 60-a)), enquanto que o outro concerne às referências 181/182 e 69 (Figura 60- b)). A necessidade da existência de dois modelos advém do número de componentes distintos que intervêm em cada processo produtivo. Como já anteriormente mencionado, as referências 94, 95 e 97 necessitam apenas de dois componentes: chapa e arame. Deste modo, o bordo de linha destas referências irá necessitar apenas de dois níveis (cada um referente a um dos componentes), para além do nível referente aos vazios. A referência 69 necessita igualmente de chapa, contudo é requerido a existência de duas referências distintas de arame para originar o produto acabado. Assim sendo, o bordo de linha irá necessitar de três níveis: um para a chapa, um para um dos arames e o um terceiro nível para a outra referência de arame. De igual modo, são necessários três níveis para as referências de 181/182. Um nível para cada uma das chapas, sendo que a referência 181 possui uma chapa associada distinta da referência 182. O último nível será para o arame que é partilhado por estas duas referências.

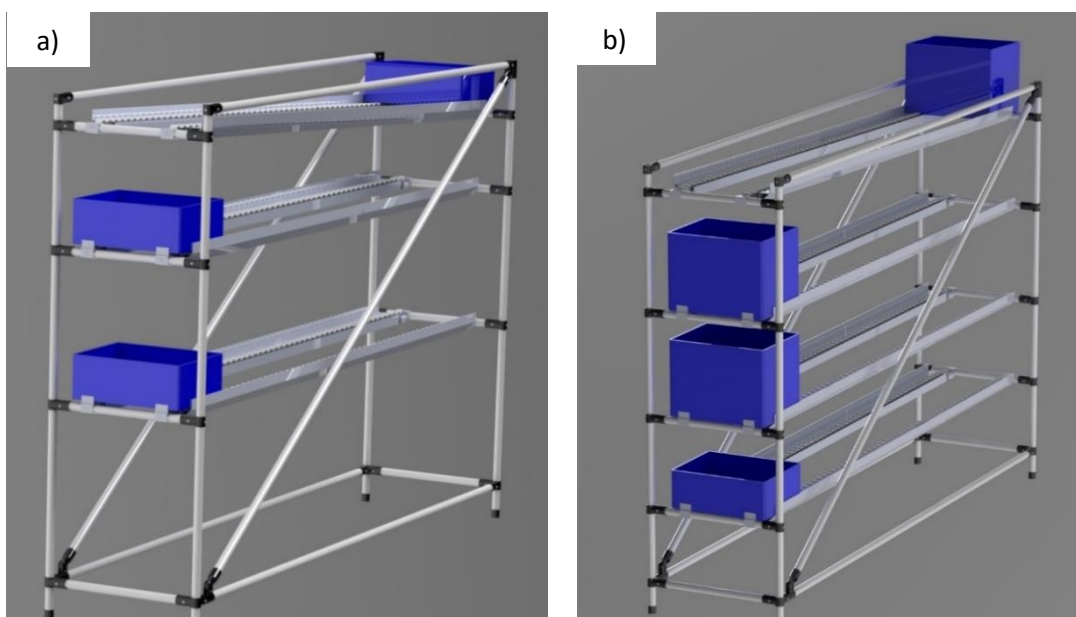


Figura 60 – a) Esboço do bordo de linha das referências 94, 95 e 97; b) Esboço do bordo de linha das referências 181/182 e 69

Fonte: Própria

Os modelos escolhidos partilham os mesmos pressupostos, nomeadamente:

- Cada referência de componente tem reservado um nível no bordo de linha;
- Cada nível contempla a mesma capacidade de albergue de KLT (8 KLT);
- Os KLT vazios são colocados no nível para o efeito;
- Cada nível possui uma inclinação para favorecer o deslocamento dos KLT no sentido que é pressuposto;
- Dispositivos de travagem são contemplados em cada nível, com o intuito de impedir a saída do KLT do bordo de linha, promovendo a segurança dos indivíduos;
- De um lado do bordo de linha existe unicamente a interação com a colaboradora da produção e do outro apenas com o operador logístico;
- O abastecimento e a recolha deverão ser facilitados pela infraestrutura criada;
- Minimização de área ocupada pelo bordo de linha;
- Os bordos de linha possuem uma altura total de 1,700 m, comprimento de 2,360 m e largura de 0,658 m.

Note-se que os KLT designados de médio, grande e muito grande possuem uma dimensão em comum: 0,390 m. Por outro lado, o KLT pequeno possui um comprimento de 0,300 m, valor este que se aproxima de 0,390 m. Este raciocínio pretende evidenciar que os bordos de linha estão aptos para acomodar qualquer tipologia de KLT, dependendo apenas da orientação em que o KLT é colocado no bordo de linha. Apesar de o KLT pequeno possuir uma dimensão menor, esta não é discrepante, podendo igualmente deslocar-se em segurança no bordo de linha.

No entanto, existem divergências nestes modelos, nomeadamente no desenho dos níveis. O modelo a) possui dois níveis para os KLT com componentes, estando o primeiro situado a 0,700 m do solo e o segundo a 1,200 m do solo. Neste sentido, o primeiro deverá ser destinado para os KLT de chapa, enquanto o segundo deverá ser para os arames, dada a relação entre os pesos e as alturas. Em cada um dos níveis foi criado um desfasamento na posição dos níveis (à frente e à retaguarda) de 0,020 m, de modo a provocar uma inclinação ligeira. O último nível, destinado para a alocação de KLT vazios encontra-se a 1,600 m do solo, sendo que este possui um desfasamento de 0,100 m, o que lhe confere uma inclinação mais pronunciada.

Por outro lado, o modelo b) possui três níveis para os KLT de componentes e um destinado para os KLT vazios. Neste sentido, o distanciamento e desfasamento entre níveis sofreram alterações. O primeiro nível encontra-se a uma distância de 0,400 m, o segundo a 0,750 m e o terceiro a uma distância de 1,150 m do solo. O mesmo grau de desfasamento foi aplicado nestes níveis, quando comparados com o modelo a). Por último, o nível destinado aos KLT vazios encontra-se igualmente a uma distância de 1,600 m do solo. No entanto, o grau de inclinação é menor face ao exemplar a), havendo apenas um desfasamento de 0,050 m.

Tal como foi referido, o bordo de linha possui uma capacidade de 8 KLT por nível. Assim sendo, fica assegurado que existe material suficiente para alimentar o posto de trabalho até que se dê novamente a passagem do comboio logístico, uma vez que existe um consumo de 4 KLT de chapa por hora para as referências 94, 95 e 97. Apesar de não se verificar um igual consumo de chapa e arame para estas referências, pretende-se que o nível referente ao arame possua igualmente capacidade para 8 KLT, devido a questões de uniformização do bordo de linha. Esta uniformização foi igualmente extrapolada para as referências 181/182 e 69, visto que possuem igualmente uma

necessidade de abastecimento distinta. No entanto, considerou-se para este estudo que os níveis associados a estes bordos de linha deverão igualmente estar dimensionados para 8 KLT.

Note-se que com esta solução de abastecimento, não está prevista a exclusividade de um KLT a determinada referência. Deste modo, sempre que um KLT de componentes ficar vazio, a colaboradora da produção deverá retirar o KLT e colocá-lo no nível do bordo de linha criado para a recolha. Para poder informar o operador logístico do material que é necessário reabastecer, foi proposto à Epedal a implementação de um sistema *Kanban*


 epedal	Kanban 1/8	Qt. 1 KLT (390 x 295 x 145 mm)
Código: 6700940100	FOTO	
Descrição: CHAPA		
Quantidade: 100 chapas		
Local de Armazenamento: Armazém de Semiacabados	Local de Consumo: Sector de Soldadura Robotizada Robot Nº 52	

Figura 61 – *Kanban* de transporte idealizado  
Fonte: Própria

de transporte. Assim, quando um KLT ficar vazio a colaboradora da produção deverá coloca-lo no nível destinado aos KLT vazios, juntamente com o *Kanban* de transporte (Figura 61), com o intuito de dar a conhecer ao operador logístico o material que deverá reabastecer, aquando da chegada ao armazém de semiacabados. No próximo ciclo de passagem, o operador logístico deverá devolver os *Kanbans* anteriormente recolhidos, repetindo-se este procedimento sucessivamente.

#### 5.4.4. Definição da rota de passagem

Aquando do desenho de um circuito de circulação de um comboio logístico, coexistem diversos fatores que deverão estar em mente, nomeadamente:

- a otimização do percurso a realizar;
- a área disponível para o efeito;
- a dimensão que o equipamento e as carruagens irão assumir;
- a duração necessária para efetuar a rota e operações associadas.

Estes tópicos serão alvo de detalhe nas subseções que se seguem.

##### 5.4.4.1. Constituição do comboio logístico

O comboio logístico irá ser constituído por um rebocador e quatro carruagens, que serão acopladas a este. Segundo a ficha técnica do fornecedor destacado, o rebocador terá uma capacidade de carga de 3 toneladas, um comprimento de 1,900 m e largura de 0,790 m. De salientar que se torna vantajoso o facto de a sua largura ser reduzida, pois confere maior flexibilidade e segurança na execução de manobras de mudança de direção, bem como permite a passagem em lugares com menos área disponível. Apesar do rebocador ter uma largura inferior, quem dita a manobrabilidade e segurança durante o trajeto é a carruagem, visto que assume uma maior dimensão no que toca à largura (1,000 m), como já supramencionado.

Este rebocador está preparado para que a sua utilização seja feita em pé, contendo um apoio de costas para o operador logístico. Este é outro aspeto positivo, pois através desta configuração é possível reduzir os tempos em que o operador logístico entra/sai do rebocador, na medida em que não necessita de se levantar ou sentar. No entanto, o apoio de costas foi criado com o intuito de proporcionar conforto ao operador logístico, por forma a minimizar os efeitos de fadiga.

Está prevista a conceção interna de quatro carruagens, por forma a responder à cadência de componentes e produto acabado e tendo por base os requisitos dimensionais. Não obstante, o comboio logístico não terá necessariamente de ter em simultâneo as quatro carruagens, caso a calendarização produtiva não o justifique. Por exemplo, se as referências 181/182 e 69 não estiverem em produção, duas das carruagens poderão ser retiradas, sendo que o método de acoplamento foi desenhado já com o intuito de apaziguar o processo de colocação ou retirada das carruagens. A vantagem em retirar carruagens caso não se verifique a sua necessidade reside num menor peso que terá de ser movimentado, bem como permite uma maior agilidade no percurso. No entanto, esta situação deverá ocorrer excecionalmente, sendo comum a movimentação do rebocador juntamente com as quatro carruagens. Para este cenário, irá obter-se um comboio logístico com um comprimento total de 8,300 m.

Quanto à disposição do material nas carruagens foi idealizado que a carruagem que se segue ao rebocador seria afeta aos componentes das referências 94, 95 e 97, sendo por sua vez a carruagem seguinte destinada ao produto acabado destas referências. As duas remanescentes carruagens ficam, deste modo, afetas às referências 181/182 e 69. A mesma analogia da distinção da localização de componentes e produto acabado foi aplicada. Neste sentido, as carruagens encontram-se dispostas por afinidade face à disposição destas mesmas referências no *layout* do sector, aqui proposto para este cenário. Assim sendo, agiliza-se o procedimento de abastecimento e recolha, na medida em que existem lugares reservados na carruagem, o que por sua vez evita que o operador logístico percorra todas as carruagens para abastecer um único posto.

#### 5.4.4.2. Circuitos e duração associada

Foi assumido que o ponto de partida e o ponto de chegada é fixo, sendo este dado pelo armazém de semiacabados. Este pressuposto prende-se com o facto de o reabastecimento de componentes ser efetuado nesta estação. Torna-se então relevante que o operador logístico esteja familiarizado com o modo de operação deste armazém, o que potencia a diminuição dos tempos associados à mudança entre funções (quando desempenha e não desempenha a função de operador logístico). Neste seguimento, concebe-se a idealização de atribuir a função de operador logístico a um elemento pertencente à equipa deste armazém.

Para além do armazém de semiacabados, torna-se igualmente obrigatória a paragem nos seguintes locais: sector de soldadura, armazém de subcontratados e armazém de produto acabado e expedição. Com o intuito de obter o melhor circuito foram esboçadas diversas alternativas que contemplam todos os locais de paragem obrigatória. A lógica presente no desenho de possíveis circuitos foi a de parar pelo menos uma vez em todos os locais assinalados, tendo como ponto de partida e de chegada o armazém de semiacabados. Após este exercício, obtêm-se quatro circuitos possíveis e alternativos. A representação esquemática destes encontram-se em Anexo (Anexo Q-T).

C1: Armazém de semiacabados => Sector de soldadura => Armazém de subcontratados => Armazém de produto acabado => Armazém de semiacabados	315 metros
---	------------

C2: Armazém de semiacabados => Sector de soldadura => Armazém de subcontratados =>Armazém de semiacabados => Armazém de produto acabado => Armazém de semiacabados	446 metros
---	------------

C3: Armazém de semiacabados => Armazém de subcontratados => Sector de soldadura => Armazém de produto acabado ==> Armazém de semiacabados 286 metros

C4: Armazém de semiacabados => Sector de soldadura => Armazém de produto acabado => Armazém de subcontratados => Armazém de semiacabados 617 metros

Resta aferir acerca da duração que o circuito escolhido irá assumir. Para além da duração relativa ao trajeto, é igualmente necessário contabilizar o tempo associado às trocas de KLT que o operador logístico terá de realizar. Para o efeito, foi simulado o tempo associado à troca entre dois KLT perante o *layout* do posto, apurando um valor de 17 segundos para os KLT de componentes e 15 segundos para os de produto acabado. A Tabela 16 reflete a duração relativa apenas à troca de KLT. Tanto os KLT de componentes como os de produto acabado terão de ser manuseados duas vezes durante o trajeto do comboio logístico: uma no posto de trabalho e outra no respetivo armazém. Daí a sua contabilização ser a duplicar.

*Tabela 16 – Duração associada à troca de KLT aquando do trajeto do comboio logístico*  
Fonte: Própria

<b>Troca de KLT de componentes no posto de trabalho e no armazém de semiacabados (segundos)</b>	<b>Troca de KLT de produto acabado no posto de trabalho e no armazém de produto acabado e expedição (segundos)</b>	<b>Total (min)</b>
17 x 35 = 595 x 2=1190	15 x 37 = 555 x 2 = 1110	Aprox. 39

Como já mencionado no sistema de transportadores, é imperativo que a aplicação de KLT, em detrimento dos contentores, seja transversal à fábrica. De outro modo, o tempo de preparação dos KLT de componentes no armazém de semiacabados irá assumir um tempo não produtivo demasiado elevado. Imagine a duração associada à passagem de arame de um único contentor com 15000 peças, para KLT com 300 arames (o que equivale a 50 KLT). Este duplo manuseamento de material pode e deve ser evitado, através da aplicação da política de KLT desde o primeiro processo produtivo que o material sofre. Deste modo, considera-se que o operador logístico irá ter à sua disposição os KLT de componentes já preparados, não fazendo parte da sua função ter de os preparar.

O comboio logístico em mente possui uma velocidade máxima de 10 Km/h, o que se traduz em 2,7 m/s. Considera-se o pressuposto que a velocidade média é de 8 Km/h, ou seja, 2,2 m/s. Na Tabela 17 encontra-se expresso o impacto que cada circuito tem ao nível da duração.

*Tabela 17 – Duração de cada circuito possível para o comboio logístico*  
Fonte: Própria

<b>Circuito</b>	<b>Duração do percurso físico (seg)</b>	<b>Duração total (min)</b>
<b>C1</b>	143,18	40,72
<b>C2</b>	202,72	41,71
<b>C3</b>	130,00	40,5
<b>C4</b>	280,45	43,00

Torna-se evidente que o circuito C3 é o que assume menor duração, sendo esta de aproximadamente 40 minutos. De salientar que a passagem no armazém de subcontratados é obrigatória, uma vez que o produto acabado da referência 69 necessita de ser pintado após o processo de soldadura, por meio da subcontratação dessa atividade. Ao definir que a rota a seguir pelo comboio logístico é a alternativa C3, implica que o produto acabado recolhido da referência 69 seja apenas conduzido ao armazém de subcontratados no próximo ciclo e não no atual. Isto porque, segundo o circuito C3, a paragem no armazém de subcontratados antecede ao sector de soldadura. Caso se venha a implementar o comboio logístico e a organização não constate nenhuma condicionante com a aplicação do circuito C3, então deve-se optar por este. Caso contrário, deverá optar-se pelo circuito C1.

Para a concretização do estudo, assume-se que o circuito escolhido é o circuito C3. Neste seguimento, o operador logístico possui os restantes 20 minutos para desempenhar as remanescentes funções que lhe compete como elemento do armazém de semiacabados. Esta solução torna-se deste modo irrealista, uma vez que 20 minutos a cada hora de trabalho não serão suficientes para abastecer as restantes referências do sector de soldadura robotizada, bem como o sector de soldadura por resistência. Assim sendo, resta apenas afirmar que ou se reduz a frequência de passagem do comboio logístico, ou tornar-se-á necessária a contratação de um novo recurso humano por cada turno. Relativamente à primeira alternativa, é sabido que quanto menor for a frequência de passagem, maior é a discrepância face à filosofia JIT em que se fundamenta o princípio do comboio logístico, dado o aumento de *stock* nos postos de trabalho e consequentemente no sector. No entanto, dado o requerimento por parte da organização em não contratar um novo recurso humano para desempenhar a função de operador logístico, foi igualmente levada a cabo uma análise para uma frequência de passagem de duas horas, que se baseou nos mesmos pressupostos que o apresentado para a frequência de passagem de uma hora (Anexo AM-AN). Por outro lado, importa reforçar que a contratação de um novo recurso humano iria viabilizar o aumento da frequência de passagem do comboio logístico, podendo então aplicar-se este modo de operação às restantes referências do sector em causa, podendo mesmo estender-se ao sector de soldadura por resistência. Fica sublinhada a sugestão de caso a Epedal chegue no futuro à conclusão de contratar mais um recurso humano, deverá seleccionar um elemento do sexo masculino para o desempenho do cargo, uma vez que os elementos deste género toleram cargas com pesos mais elevados.

Importa esclarecer que parte das distâncias que constituem os circuitos são pressupostos e não dados reais. Isto porque, nem o armazém de semiacabados, nem o de produto acabado e expedição se encontram estruturalmente aptos para que o comboio logístico realize a sua travessia no interior destes. Neste sentido, foram considerados os locais ideais de travessia do comboio logístico, podendo denotar-se algum desvio das distâncias caso a solução seja realmente implementada. Torna-se imperativo que *a priori* da implementação haja uma reestruturação profunda de ambos os armazéns. A Figura 62 corrobora o que foi afirmado, representando o armazém de produto acabado e expedição, com destaque no corredor horizontal. Neste local, torna-se presença constante os contentores com material, obstruindo a passagem. Mais uma vez, a reestruturação dos armazéns torna-se imperativa, por forma a valorizar o espaço existente.



Figura 62 – Corredor transversal do armazém de produto acabado e expedição  
Fonte: Própria

#### 5.4.4.3. Raio de curvatura

Para o caso em estudo, os locais de paragem do comboio logístico são diminutos, resumindo-se ao: armazém de semiacabados, sector de soldadura robotizada, armazém de subcontratados e armazém de produto acabado.

Importa averiguar se para cada um dos corredores do percurso a ser realizado pelo comboio logístico, e em particular nos locais correspondentes à mudança de direção, se verifica a sua passagem em segurança. Com base na ficha técnica do fornecedor, o modelo de rebocador em estudo garante um raio de viragem de 1,740 m, tendo como centro de viragem o ponto médio da largura. Assim sendo, e visto que a largura máxima corresponde às carruagens, importa considerar que o centro do raio de viragem reside a meio da largura destas. A Figura 63 pretende explicitar o princípio base da mudança de direção, em que o raio de curvatura assume especial ênfase. No momento 1, a carruagem encontra-se sob a vertical, passando para a horizontal no momento 2. Aplicando para o caso prático, esta mudança só será possível se o raio de curvatura e a integridade do comboio logístico forem respeitados.

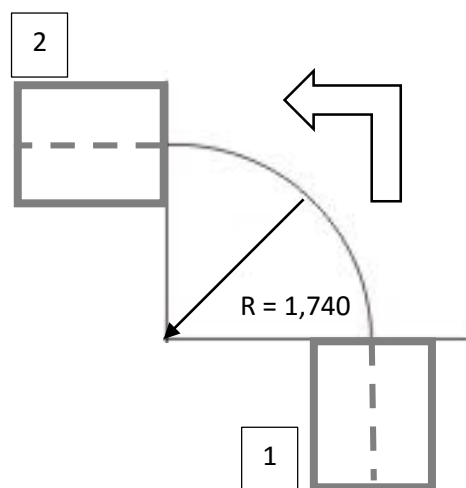


Figura 63 – Raio de curvatura do comboio logístico  
Fonte: Própria

O teste realizou-se com o corredor de menor dimensão, pois se a segurança de passagem ficar assegurada para este, estará igualmente validada para os restantes. O corredor da estampagem é o que apresenta menor dimensão com um valor de 2,300 m de largura. No entanto, este valor não é constante ao longo do comprimento do corredor, mas assume particular importância, pois manifesta-se na zona de mudança de direção, tal como a Figura 64 ilustra. Deste modo, será alvo de teste a menor dimensão verificada. Os corredores que lhe são perpendiculares, são: corredor de subcontratados e corredor central.



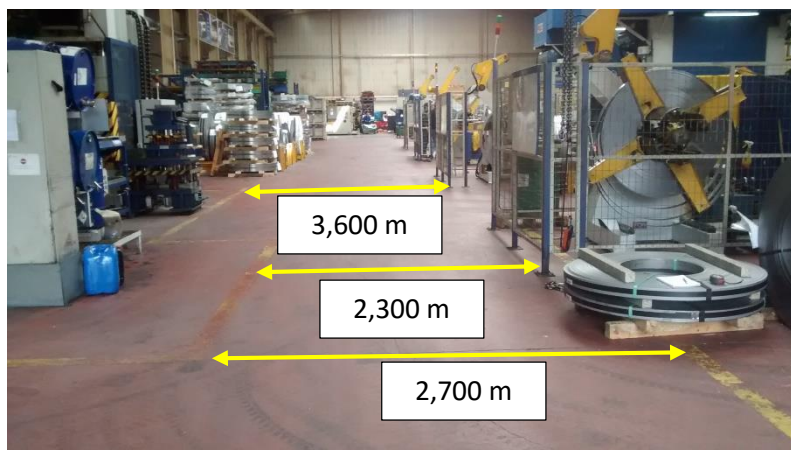


Figura 64 – Interseção do corredor de subcontratados com o de estampagem

Fonte: Própria

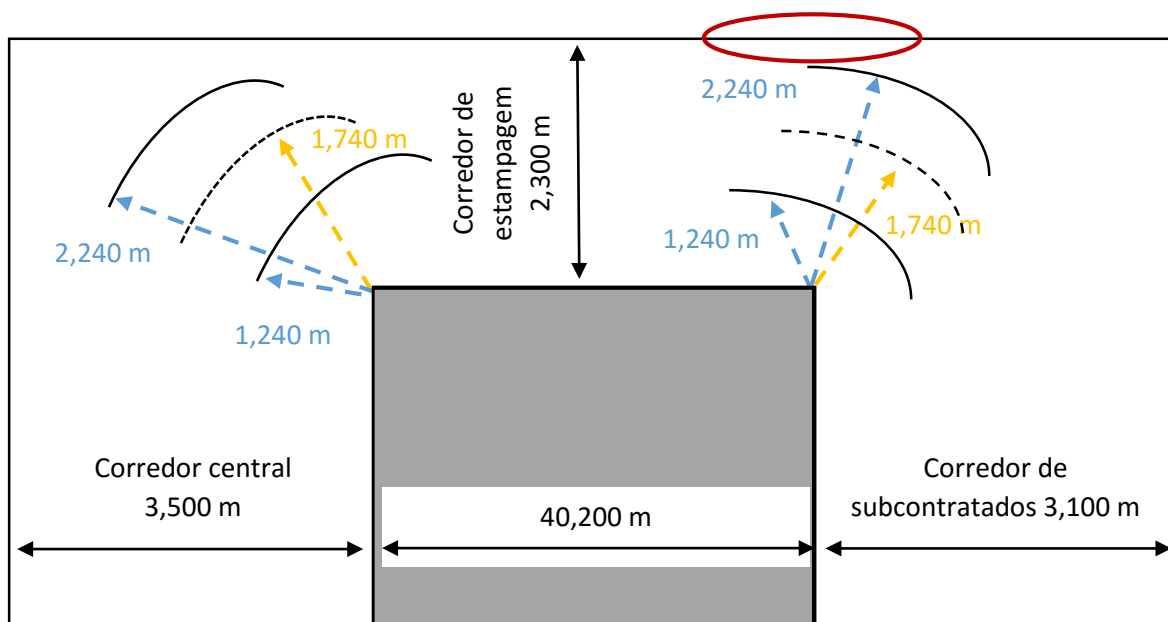


Figura 65 – Simulação da manobra de mudança de direção efetuada pelo comboio logístico

Fonte: Própria

Como é possível averiguar, a manobra de mudança de direção associada aos corredores de subcontratados e estampagem denota-se como pouco segura, uma vez que através da simulação executada estima-se que haja um excedente de 0,060 m de chão de fábrica não ocupada (assinalada a vermelho na Figura 65) pelo comboio logístico. De destacar que a redução da largura neste local do corredor deve-se ao armazenamento de óleos, sendo esta zona evidenciada na Figura 64. Neste seguimento, leva-nos a afirmar que não é convidativo que o comboio logístico transgrida o limite esquerdo do corredor, sob pena de desliz do mesmo. Neste sentido, a configuração atual do *layout* deste corredor não se compactua com a segurança do trajeto do comboio logístico. Por fim, pode-se afirmar que a implementação do comboio logístico não fica comprometida se se efetuarem alterações no *layout* deste corredor.

Relativamente à manobra de mudança de direção associada aos corredores central e de estampagem a simulação revela os mesmos resultados que a manobra anteriormente analisada. No entanto, a distância real no final do corredor de estampagem é de 3,600 m (Figura 64), podendo

assim afirmar-se que em contexto prático esta poderá ser levada a bom porto, sem comprometer a integridade do equipamento.

#### 5.4.5. Função do operador logístico

Este tópico possui o intuito de reforçar o que foi sendo descrito à cerca da função do operador logístico. Assim, as tarefas que este terá de desempenhar traduzem-se em:

- Recolher dos postos de trabalho (aquando da realização da passagem do comboio logístico) KLT de componentes vazios e KLT de produto acabado cheios;
- Conduzir os KLT de produto acabado cheios ao armazém de produto acabado e expedição. Reabastecer as carruagens em igual quantidade de KLT de produto acabado vazios;
- Levar os KLT de componentes vazios até ao armazém de semiacabados. Reabastecer as carruagens em igual quantidade de KLT de componentes cheios;
- Iniciar novo ciclo de passagem. Neste, deverá levar os KLT de produto acabado da referência 69 ao armazém de subcontratados. Já nos postos de trabalho, o operador logístico deverá abastecer o material na quantidade que foi sinalizada na passagem anterior como necessária. Neste ato, deverá igualmente devolver os cartões *Kanban*. Recolha dos KLT vazios;
- Repetir os passos anteriores em todos os ciclos de passagem.

#### 5.4.6. Função da colaboradora da produção

Pretende-se fazer uma breve reflexão acerca do impacto que a adoção do comboio logístico irá criar na função da colaboradora da produção. À semelhança da análise do sistema de transportadores, apenas foram destacadas as tarefas repetitivas e as que se encontram relacionadas com o sistema de abastecimento e recolha em causa. A Tabela 18 resume as tarefas a desempenhar no sistema de abastecimento e recolha atual e no cenário do comboio logístico.

*Tabela 18 - Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual de abastecimento e recolha e no sistema que integra o comboio logístico*

Fonte: Própria

<b>Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no sistema atual</b>	<b>Tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção no comboio logístico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montar gabari;</li> <li>• Desmontar gabari;</li> <li>• Inspeccionar peça;</li> <li>• Agrupar peças de produto acabado na bancada;</li> <li>• Colocar peças no túnel de lubrificação;</li> <li>• Trocar KLT cheio por vazio à saída do túnel de lubrificação;</li> <li>• Trocar palete de produto acabado cheia por outra vazia e proceder à identificação da primeira;</li> <li>• Trocar contentor de componentes vazio por outro cheio;</li> <li>• Abastecer KLT existente na estrutura do gabari a partir dos contentores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montar gabari;</li> <li>• Desmontar gabari;</li> <li>• Inspeccionar peça;</li> <li>• Agrupar peças de produto acabado na bancada;</li> <li>• Colocar peças no túnel de lubrificação;</li> <li>• Trocar KLT cheio por vazio à saída do túnel de lubrificação;</li> <li>• Retirar KLT de componentes cheio do bordo de linha e colocá-lo na estrutura existente no gabari;</li> <li>• Retirar os KLT de componentes vazios da estrutura do gabari e colocá-los no bordo de linha, juntamente com o cartão <i>Kanban</i>.</li> </ul>

Como se pode observar, a colaboradora da produção será libertada das tarefas de troca de palete de produto acabado e identificação, bem como da troca de contentor de componentes. Estas são atividades que não acrescentam valor e não se revelam necessárias, dada a apresentação de duas soluções de transporte que permitem erradicar a prossecução destas tarefas por parte destes atores. De sublinhar que o sistema de transportadores permite eliminar um maior conjunto de tarefas a desempenhar pela colaboradora da produção. No entanto, as tarefas que assumem um papel mais pejorativo para a performance do Robot são igualmente eliminadas com o comboio logístico. O facto de a colaboradora da produção continuar a desempenhar atividades como a inspeção da peça, o agrupamento de peças na bancada para posteriormente serem lubrificadas, bem como a troca de KLT à saída do túnel não se apresentam como sendo críticas. Isto porque, como já observado (Anexo D), as tarefas de montar e desmontar o gabari assumem uma duração inferior ao tempo de ciclo dos Robots, e assim sendo, a colaboradora possui disponibilidade para desenvolver outras tarefas de curta duração, sem prejudicar o *OEE* do Robot.

#### 5.4.7. Equação do Manuseamento de Materiais

Como forma de concluir a definição deste sistema, resta fazer referência à “Equação do Manuseamento de Materiais” (Figura 66):

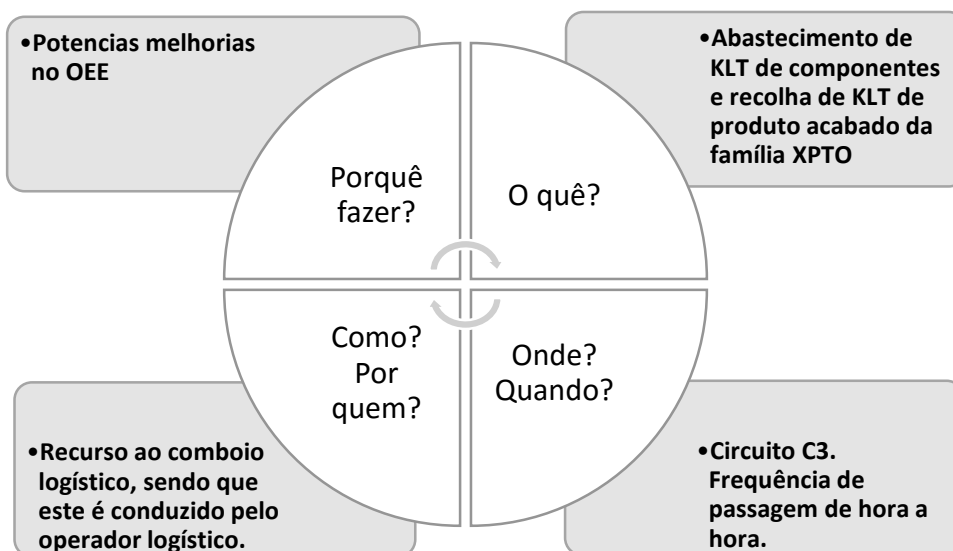


Figura 66 – Equação do Manuseamento de Materiais para o comboio logístico

Fonte: Própria

#### 5.5. Identificação das vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas

Na Tabela 19 encontram-se identificadas as vantagens e desvantagens que cada sistema (atual, sistema de transportadores e comboio logístico) de transporte em estudo possui sob o outro para o caso prático.

Tabela 19 – Vantagens e desvantagens que cada sistema de transporte possui para o caso prático

Fonte: Própria

Categoria	Atual		Comboio Logístico		Sistema de Transportadores	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Layout	Nenhuma reestruturação exigida ao nível do	Dispersão dos postos de trabalho referentes à família XPTO	Nível de reestruturação inferior do layout do sector face ao	Remodelação do armazém de semiacabados e de produto acabado	Libertação da área de chão de fábrica relativa à zona de	Nível de reestruturação significativo do layout e com uma

	layout do sector		sistema de transportadores		trabalho da colaboradora	maior área de chão de fábrica ocupada no sector
Equipamento	Equipamentos de movimentação de material (empilhador, <i>stacker</i> , porta paletes) já adquiridos	Aquisição e substituição de um túnel de lubrificação para cada uma das referências da família XPTO	Investimento reduzido para a obtenção do comboio logístico, face ao sistema de transportadores	Investimento necessário para a obtenção do comboio logístico, face ao sistema atual	Utilização de apenas um túnel de lubrificação para todas as referências	Investimento significativo para o equipamento exigido e invalidez de algum já existente
	-	-	-	Aquisição e substituição de um túnel de lubrificação para cada uma das referências da família XPTO	Inspeção automática de todas as peças	Utilização de apenas um túnel de lubrificação para todas as referências (19 peças/min)
	-	-	-	Possível congestionamento do veículo com outros existentes na fábrica	-	Uma paragem no transportador aéreo é sinónimo da paragem de toda a produção (19 peças/min)
Flexibilidade / Expansão	Equipamentos flexíveis para diversas aplicações	-	Flexibilidade elevada perante futuras variações	-	-	Solução mais rígida, inviabilizando futuras mudanças
	-	-	Possibilidade de no futuro abastecer e recolher todas as referências do sector	-	-	Apenas aplicável à família XPTO
Recursos humanos	Não existe necessidade aparente para contratação de mais um recurso humano para dar resposta ao abastecimento e recolha desta família	As colaboradoras da produção possuem uma elevada influência no ato do manuseamento de materiais	-	As colaboradoras da produção continuam a desempenhar atividades como: colocação de peças no túnel de lubrificação, inspeção da peça e troca de um KLT cheio por um vazio à saída do túnel	Colaboradora da produção dedicada maioritariamente a atividades relacionadas com a produção	Necessidade de contratação de mais um recurso humano por turno, que estaria no terminal do sistema
	-	-	-	Elevada proporção de tempo afeto ao abastecimento e recolha da família XPTO face ao sistema atual	-	-
Saúde e segurança	-	Poluição atmosférica	Movido a eletricidade	Potencial risco de descarrilar	Movido a eletricidade	Potenciais riscos de contacto

Eficiência do procedimento	-	Manuseamento de materiais levado a cabo por diversos atores (chefe do armazém, colaboradoras do armazém e colaboradoras da produção)	O operador logístico é o principal interveniente no ato do manuseamento de materiais	-	O operador logístico é o principal interveniente no ato do manuseamento de materiais	-
----------------------------	---	--	--	---	--	---

Note-se que a utilização de um único túnel de lubrificação apresenta-se simultaneamente como uma vantagem e desvantagem do sistema de transportadores. Tal facto justifica-se, na medida em que a existência de apenas um túnel de lubrificação leva a que existam custos de manutenção menores (utilização de apenas um túnel em detrimento de seis), bem como requer um menor investimento para proceder à sua substituição. No entanto, torna-se prudente equacionar a possibilidade de avaria do túnel. Na eventualidade de existir apenas um único túnel de lubrificação no terminal do sistema de transportadores e dar-se a sua avaria, irá levar à paragem da produção da família de produtos, uma vez que as peças não poderão prosseguir sem serem lubrificadas. Esta paragem é quantificada em 19 peças/min. Por outro lado, o investimento já realizado nos atuais túneis de lubrificação seria subaproveitado, pois estes equipamentos não são requeridos para mais nenhum processo.

### 5.6. *Total Cost of Ownership*

Para suportar a tomada de decisão, procedeu-se a uma análise sob a ótica de *Total Cost of Ownership* (TCO). Neste seguimento, foram consideradas duas abordagens distintas: uma equacionando a implementação de qualquer um dos sistemas de raiz e outra apenas tendo em consideração o investimento que realmente será necessário realizar.

Sublinhando a definição inerente ao conceito, esta análise tem em vista a vida útil do bem a adquirir. No entanto, foi considerado como pressuposto um horizonte temporal de 4 anos. Desta forma, é passível de quantificar os custos associados aos sistemas em questão para o mesmo esquema referencial, tornando-se deste modo possível retirar inferências.

As considerações ao nível da taxa de atualização e inflação foram ignoradas a pedido da organização em que o Projeto foi desenvolvido. Tal facto, deve-se à incerteza sentida ao nível da Economia nacional e internacional. Contemplando estas taxas, estar-se-ia a assumir um pressuposto que poderá verificar-se enviesado da realidade no futuro. Neste sentido, fez-se a análise TCO com base no pressuposto de contabilizar os custos que são verdadeiramente conhecidos à data.

Para o efeito, foram considerados 7 cenários distintos, sendo estes:

1. Método Manual Atual
2. Método Manual Comboio Logístico
3. Método combinado Manual Comboio Logístico e Automático (Transportador Aéreo)
4. Método combinado Manual Atual e Automático (Transportador Aéreo)
5. Método combinado Automático (Tapete Rolante) e Manual Comboio Logístico
6. Método combinado Automático (Tapete Rolante) e Manual Atual
7. Método Automático (Sistema Transportadores)

Ao contemplar os cenários mistos, torna-se possível detetar potenciais alternativas plausíveis, que não seriam evidenciadas se fossem considerados apenas os modelos iniciais.

Para cada um destes cenários, foram identificados custos ao nível da categoria da aquisição, operação e manutenção (Anexo U-AH). De notar que nos custos de manutenção, foram apenas tidos em consideração os custos de manutenção preventiva. Desta feita, foram contabilizados os contratos de manutenção preventiva para o empilhador (e *stacker* quando aplicável) e para o comboio logístico. A contabilização da manutenção preventiva dos túneis de lubrificação baseou-se no número de intervenções levadas a cabo no ano transato (2015). Por último, para o sistema de transportadores não foi considerado um contrato, tal como para os outros equipamentos. Isto porque, existe internamente uma equipa de manutenção apta para desempenhar estas atividades. Assim sendo, foi considerado como pressuposto que a manutenção preventiva de cada transportador iguala o número de horas anuais afetas à manutenção preventiva para um túnel de lubrificação.

Na Figura 67 apresenta-se o resultado da análise TCO para a implementação dos sistemas de raiz. A pertinência desta análise advém da possibilidade de comparar o quão mais frutuoso se demonstra o método de abastecimento e recolha atual face aos restantes. Como se pode observar, o custo de aquisição deste método ultrapassa o do método do comboio logístico. No entanto, este último possui um maior impacto nos custos que concernem à operação para a família XPTO. Numa última instância, observa-se que o custo total do sistema de abastecimento e recolha por meio de um comboio logístico acarreta um maior custo face ao atual, refletindo-se num investimento acrescido de 61.637,96€ (aprox. 36,0%).

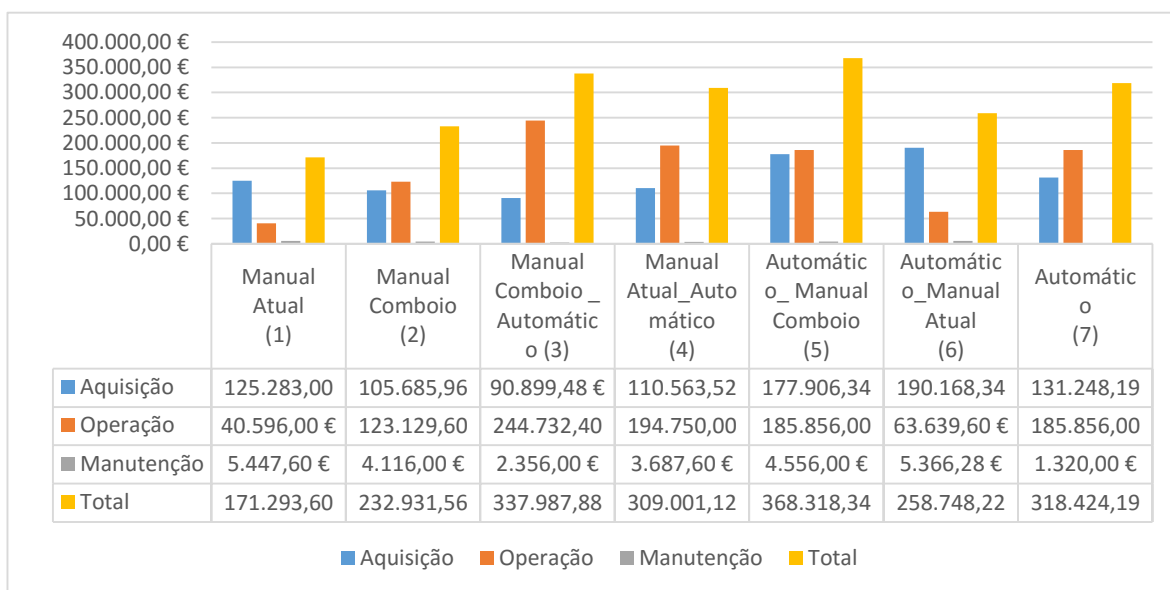


Figura 67 – TCO para o cenário da aquisição de todos os equipamentos de raiz  
Fonte: Própria

Por outro lado, a Figura 68 retrata o investimento que é necessário realizar num futuro próximo para qualquer um dos cenários. Torna-se evidente que o método atual se demonstra mais apetecível do ponto de vista económico face a qualquer uma das restantes alternativas.

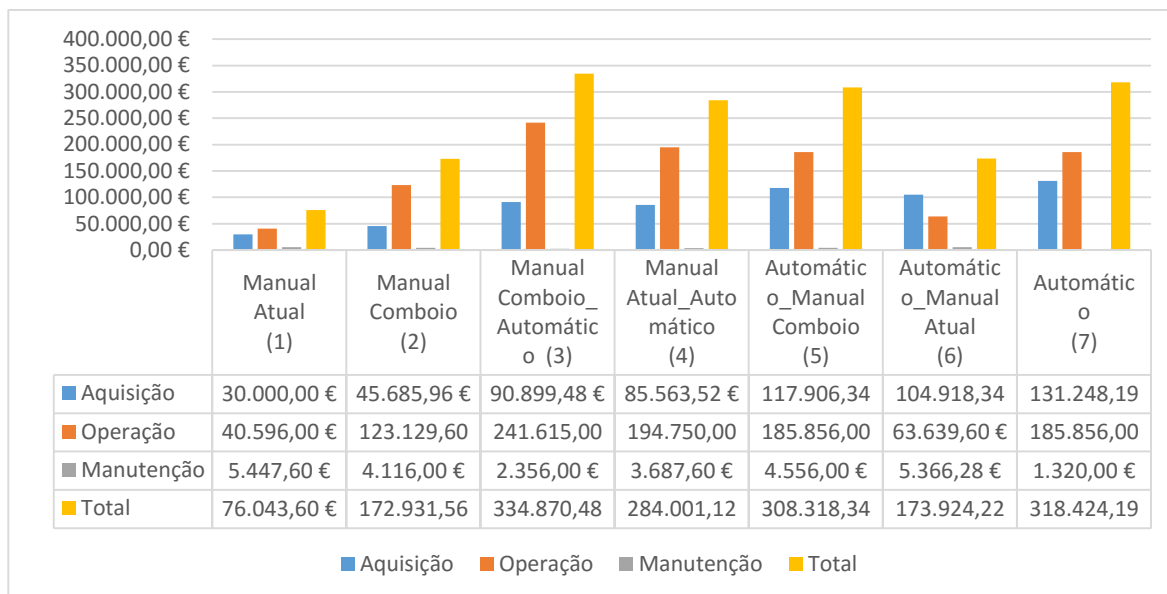


Figura 69 – TCO sob a ótica do investimento efetivo a realizar

Fonte: Própria

A Figura 69 posiciona de forma crescente o investimento total necessário para cada um dos cenários. Note-se que nesta figura já se apresentam outras constatações que não eram evidenciadas na Figura 67, nomeadamente na comparação do cenário atual com o do comboio logístico. Para esta avaliação já se averigua uma maior discrepância dos custos, sendo que o sistema do comboio logístico representa um investimento acrescido de 127,4% face ao método atual.

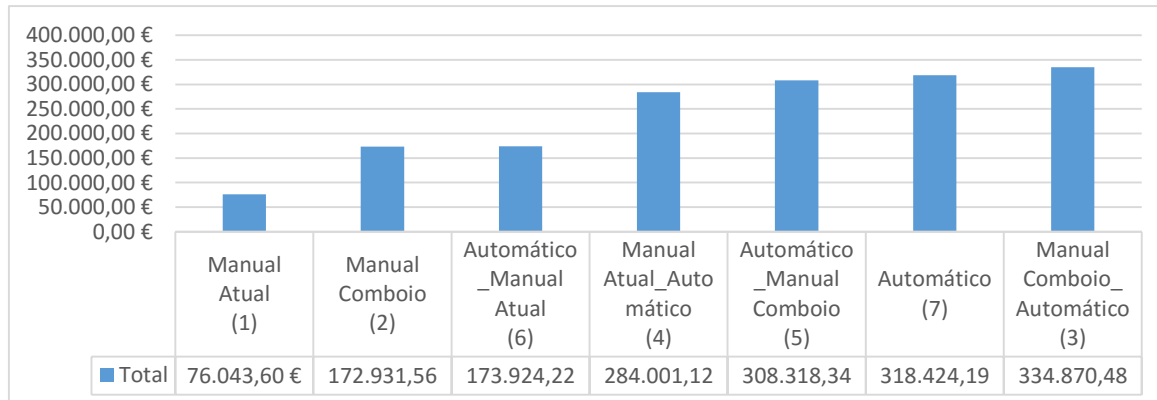


Figura 68 – Hierarquia das alternativas com base na análise TCO

Fonte: Própria

Com base nesta ilustração, torna-se plausível a hipótese de criar *clusters* distintos, com base no custo envolvido.

1. Investimento reduzido: Método Manual Atual;
2. Investimento médio: Método Manual Comboio e combinado Automático Manual Atual;
3. Investimento elevado: método combinado Manual Atual Automático; Automático Manual Comboio; Automático e método combinado Manual Comboio Automático;

Através dos resultados espelhados, a escolha mais evidente (sob o ponto de vista económico) é manter o sistema atual. No entanto, a organização deverá considerar outros indicadores que

sustentem a sua tomada de decisão. Isto porque, o empilhador atual ainda é movido a gásóleo, o que prejudica a qualidade de vida de todos os indivíduos que se encontram na fábrica.

Assim sendo, caso se apostasse pela mudança, apresentam-se duas soluções viáveis sob a ótica do custo: o método do comboio logístico e o método combinado automático (tapete rolante) e manual atual. Não obstante, a segunda solução não se apresenta como uma mudança radical, uma vez que apenas seria introduzido o tapete rolante, mantendo-se as restantes práticas atuais. Neste sentido, iria-se proceder a um investimento significativo e que não acarretaria grande benefício do ponto de vista prático. Para além do mais, o uso do empilhador manter-se-ia, o que se revela contraproducente para a qualidade de vida dos indivíduos que se encontram no ambiente fabril, como já mencionado. Neste sentido, caso a organização tencione apostar pela mudança, o sistema do comboio logístico é o mais indicado. Note-se que o rebocador é movido a eletricidade, o que leva a não causar o mesmo impacto pejorativo na saúde dos colaboradores da organização quando comparado ao empilhador.

Por outro lado, o comboio logístico possui outros benefícios associados, nomeadamente:

- A redução da ocupação da área de chão de fábrica em 13% nos postos de trabalho;
- A criação de um padrão no método de abastecimento e recolha, que potencia a organização dos postos e leva a melhorias no OEE, ainda que estas sejam marginais;
- Melhoria das condições proporcionadas às colaboradoras da produção.

### 5.7. Outras propostas de melhoria

Durante a execução do Projeto, para além do estudo levado a cabo no âmbito do abastecimento e recolha dos postos de trabalho da família XPTO, foi identificada a falta de padronização do trabalho nestes mesmos postos. Como resultado da recolha da folha de seguimento da produção ao longo dos meses em que o Projeto decorreu, verificou-se a inexistência de um padrão para a duração do arranque da família de produtos XPTO, dada a variação do valor médio obtido em cada um dos meses. Por outro lado, a organização pretendia diminuir a duração do tempo destinado à paragem planeada designada de “limpeza”, sendo que à data assumia uma duração de 30 minutos. Perante tais circunstâncias, fez-se a recolha do método atual para o arranque e para a limpeza, tendo este sido registado através de filmagem. Observaram-se no total 6 arranques e 4 limpezas entre as referências 94, 95 e 97. Através destes registos, foi possível corroborar a inexistência da padronização do trabalho, uma vez que não havia uma sequência definida de etapas a concretizar. A pedido da organização, a folha de trabalho padronizado a desenvolver deveria agregar o processo de arranque, as atividades repetitivas que decorrem ao longo do dia e o processo de limpeza. A Epedal solicitou que o trabalho padronizado para a referência 95 fosse realizado como se existisse uma única colaboradora e um Robot, uma vez que a tendência é a de deixar de afetar o Robot 38 a este processo produtivo.

Com base nestas conjunturas, concebeu-se a folha de trabalho padronizado para cada uma das referências mencionadas (Anexo AI- AK). Para o arranque (tarefas representadas a azul) e para a limpeza (tarefas representadas a verde), criou-se um padrão para o modo de procedimento com base nos registos efetuados. Explicitando, observou-se a partir da amostra quais são as tarefas indispensáveis e, conseqüentemente, foi proposta uma sequência de execução de modo a minimizar o tempo de paragem do Robot, que é um dos objetivos aplaudidos pela empresa. Inicialmente, o tempo associado ao arranque assumia um valor médio de 17 minutos, sendo que o Robot se encontrava parado em termos médios durante 10 minutos. Com a proposta definida na



folha de trabalho padronizado, consegue-se reduzir o tempo de arranque para 10 minutos, sendo que o Robot apenas necessita de estar parado em aproximadamente 5 minutos. Assim, está-se a falar numa redução de 50% do tempo de paragem do Robot para o procedimento de arranque. No que concerne à limpeza, a definição de uma sequência de etapas permite reduzir o tempo de limpeza de 30 minutos para 25 minutos. Assim, está-se a falar numa redução de aproximadamente 17% do tempo de paragem do Robot neste procedimento. Com a padronização do arranque e limpeza consegue-se um aumento do tempo produtivo do Robot em 15 minutos, o que se traduz num aumento de aproximadamente 3% do tempo produtivo do Robot para cada turno (considerando que cada turno possui atualmente um tempo total operacional de 7 horas e 10 minutos).

Relativamente às tarefas repetitivas (sem qualquer sinalização de cor na folha de trabalho padronizado), a sua realização em contexto prático encontrava-se com uma menor variação associada, sendo que o principal contributo que o trabalho padronizado forneceu foi a estipulação de tempos padrão para o desempenho destas mesmas tarefas.

Não poderia deixar de ser mencionado que para a elaboração da folha de trabalho padronizado se optou pelo documento *standardized work sheet* (sendo uma adaptação de um documento *standardized work combination table* existente na documentação interna da Epedal), cujo principal objetivo é o de espelhar a sequência do trabalho e a esquematização do movimento que é assumido para a realização do mesmo. Assim, com base neste primeiro esboço ressaltaram de imediato desperdícios que se prendem essencialmente com as deslocações que as colaboradoras da produção realizam. De sublinhar que dada a emergência de possíveis melhorias, a folha de trabalho padronizado não foi aplicada nos postos de trabalho, uma vez que esta deverá ser reformulada aquando da implementação das ações de melhorias destacadas.

O primeiro âmbito de intervenção residiu na eliminação da atual mesa de inspeção e da bancada (existentes em todos os postos de trabalho), através da conceção de um outro elemento que desempenhasse ambas as funções em simultâneo (a de bancada e de mesa de inspeção), reduzindo-se desde modo o comprimento total de área de chão de fábrica ocupada (desde a cabine até à zona das paletes). Até à data da conclusão do Projeto, apenas foi possível iniciar esta atividade para as referências 97 (Figura 70) e 69 (Figura 71). A bancada idealizada para a referência 97 possui 0,900 m de comprimento e 0,500 m de largura. Com esta aplicação, em detrimento dos elementos anteriores (mesa com 0,750 x 0,600 m e bancada com 0,610 x 0,700 m) consegue-se uma redução de área de chão de fábrica de  $0,877 m^2$  para  $0,45 m^2$ . Por outro lado, a bancada construída para a referência 69 possui 0,750 m de comprimento e 0,600 m de largura. Como referido, o posto de trabalho referente a esta referência encontrava-se ainda numa etapa de conceção, não havendo, portanto, uma substituição real de elementos. No entanto, será analisado o impacto na área de chão de fábrica ocupada caso este posto estivesse idealizado em concordância com o que se observa atualmente nos restantes postos. Para esta referência em particular, não será necessária a bancada para aglomeração de peças, dadas as dimensões que o produto acabado assume. Assim, iria apenas substituir-se uma hipotética mesa de inspeção (0,750 m x 0,600 m). Desta forma, a alteração ao conceito associado à bancada no posto de trabalho não surtiu qualquer impacto na área de chão de fábrica ocupada. Note-se que a pertinência da referência 69 ser alvo da aplicação destas melhorias nasce do facto de ainda se estar numa fase de definição (inclusive do *layout* do posto de trabalho), o que torna mais inteligível a introdução destes componentes, uma vez que ainda não existem quaisquer elementos que desempenhem essas funções.



Antes



Depois

Figura 70 – Comparação da solução existente no layout de posto para inspeção e aglomeração de peças a priori e a posteriori da reformulação do conceito

Fonte: Própria



Figura 71 – Bancada idealizada para a referência 69

Fonte: Própria

Para além da alteração ao conceito subjacente à funcionalidade da mesa de inspeção e bancada, a implementação dos bordos de linha esboçados no capítulo 5.4.3 iriam permitir reduzir a área de chão de fábrica utilizada, bem como tornariam o posto mais organizado, dada a agregação de todos os componentes no mesmo local. Na Figura 72 encontra-se o bordo de linha para a referência 69. Aquando da construção deste, alguns ajustes (que dizem essencialmente respeito às dimensões) tiveram de ser efetuados, dada a mudança (*a posteriori* da conceção em CAD dos bordos de linha) de KLT para albergar a chapa e consequente alteração da capacidade deste. O bordo de linha inicial estava dimensionado para uma capacidade de 8 KLT por nível, sendo que se tinha partido do pressuposto que cada KLT de chapa iria albergar 20 peças. Na fase terminal do Projeto, foi realizado o teste à embalagem, e averiguou-se que um KLT com 20 peças iria assumir um peso demasiado elevado, passando assim a dimensionar-se o KLT de chapa para 15 peças.

O impacto na alteração do volume de WIP com o bordo de linha inicial e atual foi diminuto. O bordo de linha inicial iria albergar um total de 160 chapas, enquanto que no atual verifica-se a existência de 150 chapas. Ambas as soluções cobrem a necessidade, sendo que o bordo de linha inicial encontrava-se com um maior grau de sobredimensionamento. Relativamente aos KLT das duas referências de arames, optou-se por alterar a sua disposição no bordo de linha. Caso contrário, iria obter-se um elevado volume de WIP neste posto (13 KLT de cada). Através da alteração da orientação dos KLT, conseguiu-se a conjugação das duas referências no mesmo nível, sendo que este possui igualmente capacidade de 10 KLT de cada referência. Assim, ao invés de três níveis para componentes e um para vazios (como inicialmente esboçado), obteve-se um bordo de linha com dois níveis para componentes e um para vazios. Resumindo, obteve-se um bordo de linha com um comprimento de 4,000 m, largura de 0,710 m e altura de 1,700 m. Com a aplicação deste bordo de linha, conseguiu-se substituir (caso se implementasse a filosofia partilhada pelos outros postos de trabalho) a presença de três contentores de componentes (1,000 x 1,200 m). Relembrado, cada posto de trabalho desta família de produto possui uma área de chão de fábrica ocupada estimada no valor de  $21,60\text{ m}^2$ . Assim com a aplicação do bordo de linha reduziu-se a área de chão de fábrica ocupada em 3,5 %.



*Figura 72 – Bordo de linha para a referência 69*

Fonte: Própria

Foi igualmente possível construir o bordo de linha para o posto referente à referência 97. Para este caso, os ajustes realizados foram menores, dizendo sobretudo respeito à altura que os níveis se encontram. Para este efeito, foi testado empiricamente a altura dos níveis que mais se adequava perante as características dos futuros utilizadores do bordo de linha. O resultado obtido espelha-se na Figura 73, que se traduz num comprimento de 2,555 m, uma largura de 0,610 m e altura de 1,565 m. Este bordo de linha ocupa uma área de  $1,558\text{ m}^2$ , ao invés de  $2,4\text{ m}^2$ , dada a substituição de dois contentores com componentes (um de chapa e outro referente ao arame). Assim, obtém-se uma redução de aproximadamente 3,9 % de área de chão de fábrica com esta aplicação.

Contudo, apesar do bordo de linha já estar construído, o seu princípio de funcionamento ainda não está em prática, uma vez que os componentes ainda estão a ser abastecidos em contentores, tal

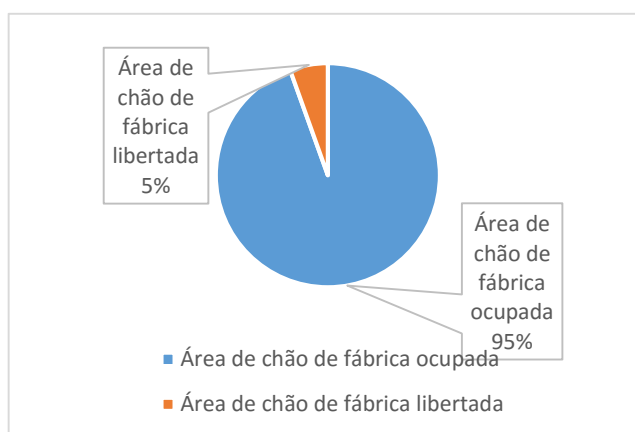
como a Figura 73 ilustra. No entanto, existe por parte da Epedal a vontade pela adoção dos bordos de linha nos postos de trabalho. Para tal, é necessário haver um investimento para a aquisição de uma maior número de KLT.



*Figura 73 – Bordo de linha para a referência 97*  
Fonte: Própria

Com a implementação de uma nova bancada e do bordo de linha, surtem de imediato alterações ao nível do *layout* do posto, que se encontram representadas no Anexo AL. Ao nível do comprimento do posto (desde a cabine até à zona das paletes de produto acabado) consegue-se reduzir em 0,460 m a área de chão de fábrica ocupada para o caso da referência 97. Esta redução já irá permitir uma menor duração do tempo associado ao trajeto que as colaboradoras da produção realizam na fase de arranque e limpeza.

À semelhança da redução de área de chão de fábrica conseguida para a referência 97, espera-se vir a obter os mesmos resultados para as referências 94, 95 e 181/182. Como já explanado, o impacto obtido para a referência 69 é singular. Posto isto, está-se a falar numa redução em termos médios de 1,184 m<sup>2</sup> por posto de trabalho. A Figura 74 visa espelhar o impacto no sector de soldadura que se espera vir a obter com a implementação das novas bancadas e bordos de linha nestes postos de trabalho.



*Figura 74 – Impacto estimado na área de chão de fábrica ocupada no sector com a implementação das melhorias*  
Fonte: Própria

Ainda neste tópico, fica sublinhada a intenção por parte da organização em implementar um computador a cada dois postos de trabalho do sector, de modo a reduzir o tempo associado às deslocações efetuadas para utilizar este recurso informático e em simultâneo diminuir a sobrecarga do computador existente.



## 6. Considerações finais e perspectivas de trabalho futuro

Torna-se patente o ímpeto que as organizações sentem por melhorar a sua conjuntura, por forma a se tornarem mais competitivas, conseguindo-o através da redução de custos e aumento da eficiência. Foi neste enquadramento que se desenvolveu o Projeto descrito neste documento, ao nível da melhoria do abastecimento e recolha dos produtos pertencentes à família XPTO, tendo por máxima o aumento do OEE.

A oportunidade para desenvolver este estudo nasceu do processo de industrialização de três referências que irão integrar a família XPTO, sendo deste modo oportuno equacionar possíveis melhorias e enquadrá-las para estas novas referências desde o início da sua produção.

Com a análise efetuada ao longo do Projeto, que incidiu nesta família de produtos, tornou-se evidente a existência de uma lacuna no que concerne à normalização do processo de abastecimento e recolha de material, nomeadamente na diferença de procedimento entre os dois turnos de produção. Para além do mais, ainda se constata um elevado número de fluxos de movimentação de materiais seguidos para o mesmo fim. Por outras palavras, verifica-se um elevado número de movimentações levadas a cabo tanto pela equipa do armazém de semiacabados, como pelas próprias colaboradoras da produção, no ato do abastecimento e recolha do material, ou seja, o material é extremamente manuseado. Por outro lado, com o método atual de abastecimento e recolha de material, é patente o excesso de WIP nestes postos de trabalho, o que leva à saturação e escassez da área de chão de fábrica disponível dos mesmos. Como elucidado ao longo do documento, como consequência do método atual, as condições ergonómicas das colaboradoras da produção ficam comprometidas. Estes fatores e a junção de novas referências à família XPTO foram o movimento impulsionador para a elaboração deste Projeto.

“Os Dez Princípios do Manuseamento de Materiais” assumiram especial relevo para o desenvolvimento do estudo quer do sistema de transportadores, quer do comboio logístico, uma vez que permitiram a orientação para os pontos críticos que deveriam ser devidamente acautelados. Os princípios considerados em ambos os sistemas de transporte foram: planeamento, trabalho, unidade de carga, utilização do espaço, sistema, automação, ambiental e ciclo de vida do custo. No entanto, o estudo da solução que contempla o comboio logístico também se fundamentou no princípio da standardização e no princípio de ergonomia. Assim sendo, pode-se afirmar que o estudo realizado se demonstra completo sob o ponto de vista de diversas considerações a ter em conta.

O estudo de viabilidade da implementação de um novo sistema de abastecimento e recolha de material foi levado a cabo como tendo o OEE e o TCO como métricas de aceitação ou rejeição das alternativas. Apesar das potenciais melhorias ao nível do OEE não serem tão significativas quanto as esperadas, uma vez que a organização esperava obter um retorno financeiro positivo com a mudança do método de abastecimento e recolha, existem melhorias de outra ordem que são incontestáveis. Com a análise TCO, tornou-se claro que a solução que contempla o sistema de transportadores se encontra desenquadrada com o objetivo da organização, que passa por efetuar um investimento que seja inteligente, face aos benefícios a obter com um novo equipamento. Assim sendo, o comboio logístico é o que se compactua mais com os objetivos da organização, apesar de ainda assim não ser a melhor aposta com base na análise TCO. Perante tais circunstâncias, realizou-se uma nova análise para uma frequência de passagem do comboio logístico de duas horas (Anexo AM-AN) com a expectativa de que os custos de operação associados ao método do comboio

logístico diminuíssem. Com base nesta análise, constatou-se que efetivamente o custo de operação diminuiu de 123.129,60 € para 108.028,80 € (redução de aproximadamente 12%), sendo que o operador logístico passaria a ficar afeto durante 70 minutos para desempenhar esta função, a cada duas horas de trabalho. No total, o TCO para o comboio logístico expressa-se em 158.730,76 €, sendo ainda um valor demasiado elevado face ao método de abastecimento e recolha atual. No entanto, se for considerada a hipótese de expansão para o restante sector, ou até mesmo incluindo o sector de soldadura por resistência, conseguir-se-ia aproximar-se do custo de operação atual do elemento do armazém de semiacabados, uma vez que este já se encontra atualmente com uma elevada parcela da sua carga horária afeto às atividades de abastecimento.

Importa frisar que dada adoção de uma perspetiva pessimista e subsequente sobredimensionamento da necessidade, leva a que os custos de operação para o comboio logístico sejam igualmente sobrevalorizados. Contudo, existem outros benefícios associados ao comboio logístico que extravasão os custos, nomeadamente: o aumento de área de chão de fábrica disponível (13%), a normalização do método de abastecimento e recolha, melhorias ao nível das condições proporcionadas às colaboradoras da produção (ao nível ergonómico e ambiental), bem como a elevada flexibilidade que este sistema possui, podendo ser utilizado para diversos fins no âmbito do abastecimento e recolha.

Neste sentido, o Projeto desenvolvido respondeu aos requisitos da organização, uma vez que a análise foi suportada através destes dois indicadores, sendo que para a contabilização do TCO, o modo de funcionamento dos sistemas teve de ser explorado. Assim sendo, e apesar de não ter sido implementado nenhum dos sistemas, considera-se que o Projeto foi bem-sucedido, pois permitiu que a empresa descartasse desde logo a hipótese do sistema de transportadores. Para além do mais, caso a Epedal opte no futuro pela implementação do comboio logístico encontra-se detentora de informação bastante relevante, nomeadamente os elementos necessários para o pleno funcionamento deste sistema de transporte.

Por outro lado, este Projeto teve associado um contributo intangível, que foi o da consciencialização de mentalidades e orientação para a melhoria contínua. O trabalho desenvolvido ao nível do trabalho padronizado foi fulcral nesse sentido.

Como perspetivas de trabalho futuro fica em nota de rodapé a reestruturação dos armazéns, que é prioritária. Após a conclusão desta intervenção, seria de todo pertinente a elaboração do estudo da implementação do comboio logístico como método standardizado para o abastecimento e recolha de todo o sector de soldadura, bem como da soldadura por resistência, podendo mesmo ser equacionada a expansão a todos os sectores que a organização detém. Caso se chegue a esta conclusão, deveria proceder-se a testes em contexto prático da segurança associada à manobra de mudança de direção, uma vez que a simulação efetuada neste Projeto acaba por ser redutora para se chegar a conclusões fidedignas.

No que concerne ao trabalho realizado no âmbito do trabalho padronizado, fica pendente a implementação dos bordos de linha e bancadas nos restantes postos da família XPTO, bem como a implementação da sequência de tarefas definidas para o arranque e limpeza. Ainda neste contexto, considera-se que é possível obter resultados positivos na redução do procedimento de limpeza se os utensílios utilizados aquando da limpeza dos gabaris forem revistos.

## Bibliografia

- 4Lean (n.d.). Building lean [em linha]. *4Lean*. Acedido fevereiro 26, 2016, em [http://www.4lean.net/cms/images/stories/pdf/catalogo\\_4\\_lean\\_pt.pdf](http://www.4lean.net/cms/images/stories/pdf/catalogo_4_lean_pt.pdf)
- Andersson, C. & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, p. 144-154. Acedido via <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612514001502>. doi: 10.1016/j.jmsy.2014.12.003
- Antunes, D., Sousa, S., & Eusébio, N. (2013). Using project six sigma and lean concepts in internal logistics. In *World Congress on Engineering*, London, 3-5 julh. 2013 (1, p. 414-419). Acedido janeiro 10, 2016, em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/24691>
- Apple, J. (1977). *Plant layout and material handling*. (3ª ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Carvalho, J. (coord.) (2010). *Logística e gestão da cadeia de abastecimento*. Lisboa: Edições sílabo.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and supply chain management: Creating value-adding networks*. (3ª ed.). Harlow: Financial Times Prentice Hall.
- Coimbra, E. (2003). Introdução à logística alternativa. *KAIZEN Forum*.
- Coimbra, E. (2009). *Total flow management: Achieving excellence with kaizen and lean supply chains*. Switzerland: Kaizen Institute.
- Domingo, R., Alvarez, R., Peña, M., & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: A case study. *Assembly Automation*, 27(2), p. 141-147. Acedido via <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/01445150710733379>. doi: 10.1108/01445150710733379
- Doran, D., Hill, A., Hwang, K., & Jacob, G. (2007). Supply chain modularisation: Cases from the French automobile industry. *International Journal of Production Economics*, 106(1), p. 2-11. Acedido via <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306000764>
- Ellram, L. (1993). Total cost of ownership: Elements and implementation. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 29(4), p. 3-11.
- Fernandes, A. (2011). *Modelo de abastecimento de materiais à produção*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, Portugal.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS: And sex and drugs and rock 'n' roll*. (3ª ed.). London: Sage Publications.
- Freivalds, A. & Niebel, B. (2012). *Niebel's Methods, Standards, and Work Design*. (12ª ed.). USA: McGraw-Hill Create.
- Granlund, A. (2011). *Competitive internal logistics systems through automation*. Licentiate Thesis, School of Innovation, Design and Engineering - Mälardalen University, Sweden.

- Groover, M. (2000). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. (2ª ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobottka, T., & Váncza, J. (2013). Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. In *46th CIRP Conference on Manufacturing Systems: Economic development and wealth through globally competitive manufacturing systems*, Setúbal, 29-31 mai. 2013 (7, p. 127-132). Acedido via <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.022>
- Health and Safety Executive (2011). Manual handling at work: A brief guide [em linha]. *Health and Safety Executive*. Acedido março 3, 2016, em <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg143.pdf>
- HM Treasury. (1992). Life Cycle Costing. *Public Competition and Purchasing Unit*, 35, p. 1-8. Acedido via [https://faculty.biu.ac.il/~shnaidh/zooloo/acquisition/embedded\\_object.pdf](https://faculty.biu.ac.il/~shnaidh/zooloo/acquisition/embedded_object.pdf)
- Instituto para a Qualidade na Formação, I.P. (2006). *A gestão de operações e logística em Portugal: Tendências, qualificações e formação*. Lisboa: Instituto para a Qualidade na Formação, I.P..
- Kay, M. (2012). Material handling equipment [em linha]. *NC State University – College of Engineering*. Acedido novembro 14, 2015, em [http://www.ise.ncsu.edu/kay/Material\\_Handling\\_Equipment.pdf](http://www.ise.ncsu.edu/kay/Material_Handling_Equipment.pdf)
- Kilic, H., Durmusoglu, M., & Baskak, M. (2012). Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62, p. 1135-1146. Acedido via <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-011-3875-4>. doi: 10.1007/s00170-011-3875-4
- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems. In *IFAC Papers Online: 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)*, Ottawa, 11-13 mai. 2015 (48(3), p. 1882-1887). Acedido via [http://ac.els-cdn.com/S240589631500600X/1-s2.0-S240589631500600X-main.pdf?\\_tid=12be85c8-c5ac-11e5-bcf7-00000aacb35e&acdnat=1453978034\\_a6110bdee34037f9e99967ac2091e860](http://ac.els-cdn.com/S240589631500600X/1-s2.0-S240589631500600X-main.pdf?_tid=12be85c8-c5ac-11e5-bcf7-00000aacb35e&acdnat=1453978034_a6110bdee34037f9e99967ac2091e860). doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.361
- Liker, J. & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. USA: McGraw-Hill.
- Mangan, J., Lalwani, C., & Butcher, T. (2010). *Global logistics and supply chain management*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Martins, C. (2007). Testes não paramétricos [em linha]. *Universidade de Coimbra*. Acedido março 7, 2016, em <http://www.mat.uc.pt/~cmtm/ECwww/TestesNP.pdf>
- Material Handling Institute (n.d.). The ten principles of material handling [em linha]. *Material Handling Institute*. Acedido novembro 14, 2015, em [http://www.mhi.org/downloads/learning/cicmhe/guidelines/10\\_principles.pdf](http://www.mhi.org/downloads/learning/cicmhe/guidelines/10_principles.pdf)
- McGuire, P. (2010). *Conveyors: Application, selection, and integration*. Boca Raton: CRC Press.
- Meyers, F. & Stephens, M. (2005). *Manufacturing facilities design and material handling*. (3ª ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson / Prentice Hall.

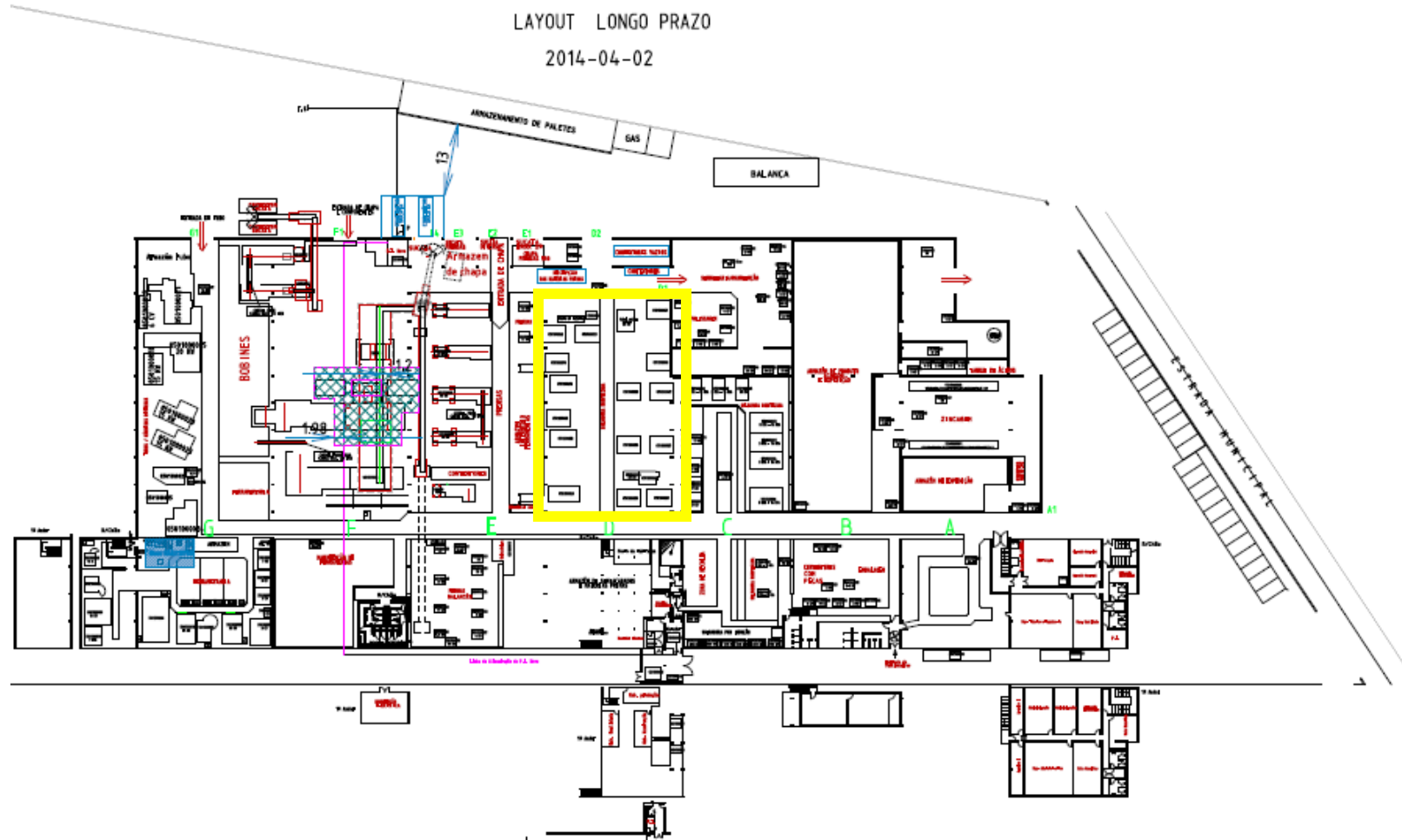


- Mingatos, C. (2010). *Análise de viabilidade e implementação de um sistema de cartão KANBAN*. Dissertação de Mestrado, DEGEI - Universidade de Aveiro, Portugal.
- Namoura, J. & Takakuwa, S. (2006). Optimization of a number of container for assembly lines: The fixed-course pick-up system. *International Journal of Simulation Modelling*, 5(4), p. 155-166. Acedido via [http://ijsimm.com/Full\\_Papers/Fulltext2006/text5-4\\_155-166.pdf](http://ijsimm.com/Full_Papers/Fulltext2006/text5-4_155-166.pdf). doi: 10.2507/IJSIMM05(4)3.066
- Novex (n.d.). Como escolher o modelo adequado [em linha]. *Novex – Sinónimo de Rodas e Rodízios*. Acedido março 18, 2016, em <http://www.novex.com.br/es/catalogo/como-escolher-o-modelo-adequado>
- Pestana, M. & Gageiro, J. (2008). *Análise de dados para ciências sociais: A complementaridade do SPSS*. (5ªed.). Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Pinto, J. (2014). *Pensamento lean: A filosofia das organizações vencedoras*. (6ª ed.). Lisboa: Lidel – edições técnicas, lda.
- Rodalgés (n.d.). Guia de rodas e rodízios – 1. Terminologia [em linha]. *Rodalgés*. Acedido março 18, 2016, em <http://www.rodalges.pt/blog/Noticias-Novidades/Terminologia>
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The handbook of logistics & distribution management*. (4ª ed.). London: Kogan Page Limited.
- Sanford, B. (1998). Unit load conveyors. In J. Tompkins (ed. lit) & J. Smith (ed. lit.), *The warehouse management handbook* (2ª ed.) (p. 553 – 583.). North Carolina: Tompkins Press.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2001). *Operations management*. (3ª ed.). Harlow: Prentice Hall.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações lean: Metodologias kaizen para a melhoria contínua*. (1ª ed.). Mansores: LeanOp Press.
- The Productivity Development Team. (1999). *OEE for operators: Overall equipment effectiveness*. New York: Productivity Press.



## ANEXOS

## Anexo A



Fonte: Documentação interna Epedal

## Anexo B

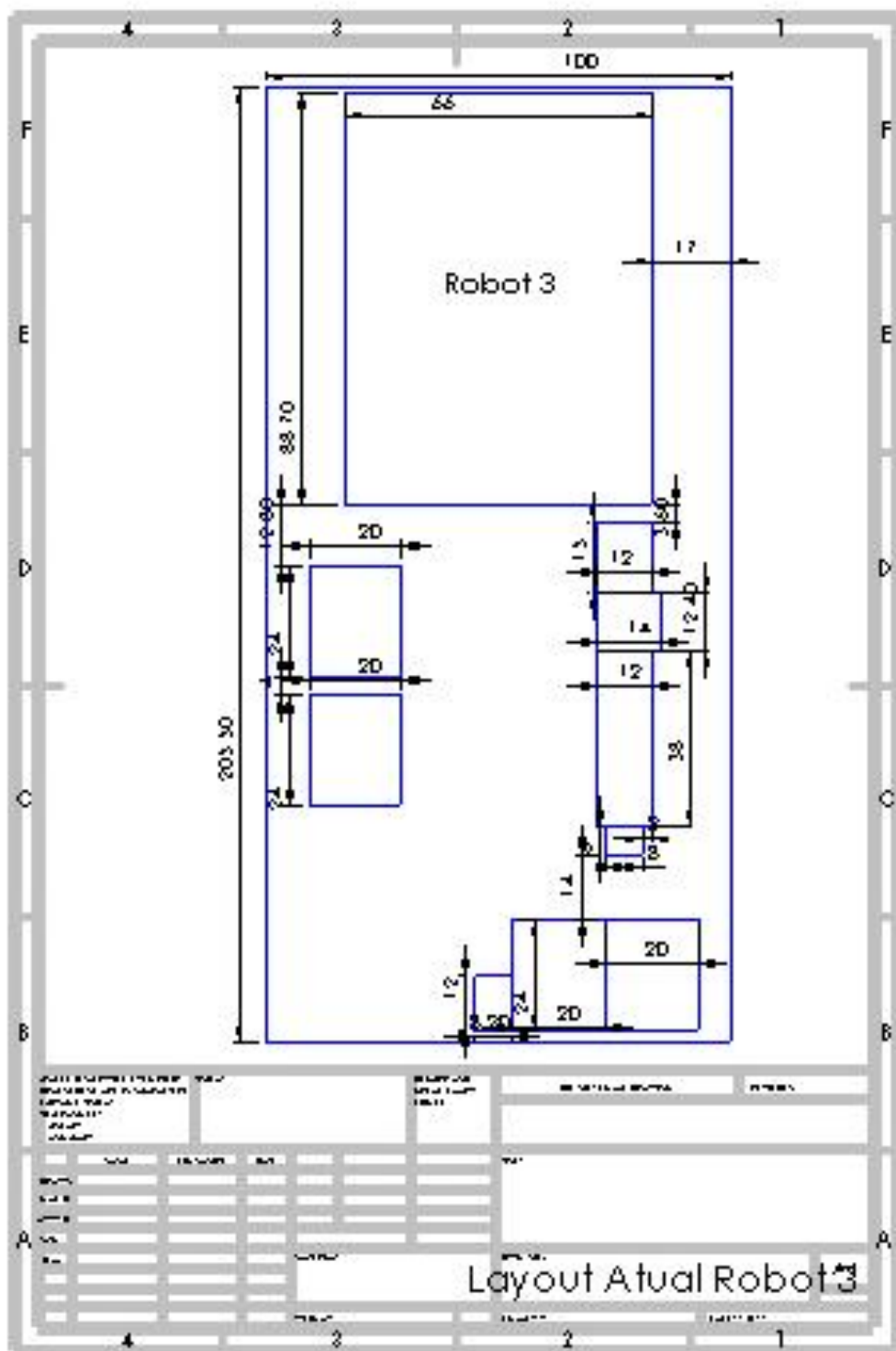


Figura: Layout do posto de trabalho associado à referência 97

Fonte: Própria

## Anexo C

*Tabela: Formulário Estudo de Tempos*  
Fonte: Própria

[illegible]

# Anexo D

Tabela: Formulário Estudo de Tempos preenchido

Fonte: Própria

Data/ turno	Nº Robot	Colaboradora	Referência	Quantidade por embalagem	Tempo ciclo Robot	Tempo ciclo montar	Tempo de ciclo desmontar	Tempo de ciclo inspeção	Tempo ciclo do Túnel (40 peças)	Obs:
24 de novembro de 2015 Turno das 06h30 às 15h00	52	Rute	94	40 peças de produto acabado por KLT, sendo a embalagem final constituída por 30 KLT	87 seg	25 seg	9 seg	21 seg	506 seg	
					82 seg	19 seg	14 seg	26 seg		
					83 seg	23 seg	8 seg	21 seg	524 seg	
					82 seg	25 seg	9 seg	27 seg		
					82 seg	17 seg	10 seg	26 seg		
					88 seg	22 seg	8 seg	19 seg	495 seg	
					83 seg	21 seg	7 seg	19 seg		
					86 seg	22 seg	10 seg	17 seg	574 seg	
					81 seg	22 seg	9 seg	24 seg		
					81 seg	19 seg	9 seg	17 seg		
					82 seg	24 seg	8 seg	17 seg	493 seg	
					88 seg	20 seg	11 seg	18 seg		
					83 seg	19 seg	7 seg	18 seg	579 seg	
					82 seg	22 seg	9 seg	17 seg		
					87 seg	20 seg	9 seg	17 seg		
					82 seg	18 seg	8 seg	18 seg	498 seg	
					84 seg	19 seg	8 seg	20 seg		
					89 seg	22 seg	7 seg	15 seg	492 seg	
					88 seg	24 seg	12 seg	19 seg		
					84 seg	21 seg	7 seg	19 seg		
					83 seg	20 seg	8 seg	16 seg	509 seg	
					84 seg	19 seg	11 seg	60 seg		
					88 seg	25 seg	9 seg	21 seg	531 seg	
					83 seg	17 seg	9 seg	20 seg		
					83 seg	24 seg	10 seg	17 seg		

## Anexo E

**Tabela: Teste de aderência K-S para amostra inicial do Robot 52**

Fonte: Própria

Sumarização de Teste de Hipótese				
	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot52 é normal com média 84 e desvio padrão 2,566.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot52 é uniforme com o mínimo de 81 e o máximo de 89.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,016 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot52 é Poisson com média 84.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,005 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot52 é exponencial com média 84.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

**Tabela: Teste de aderência K-S para amostra inicial do Robot 47**

Fonte: Própria

Sumarização de Teste de Hipótese				
	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot47 é normal com média 90 e desvio padrão 2,293.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot47 é uniforme com o mínimo de 87 e o máximo de 95.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot47 é Poisson com média 90.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot47 é exponencial com média 90.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

**Tabela: Teste de aderência K-S para amostra inicial do Robot 47 sem outliers**

Fonte: Própria

Sumarização de Teste de Hipótese				
	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot47SemOutliers é normal com média 89 e desvio padrão 0,921.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot47SemOutliers é uniforme com o mínimo de 87 e o máximo de 90.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,065 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot47SemOutliers é Poisson com média 89.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot47SemOutliers é exponencial com média 89.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido



Anexo F


<div><div></div><div>FOLHA DE SEGUIMENTO DE PRODUÇÃO</div></div>																									
Secção:						Posto:						Data:													
	Produção	Paragem	Diagnóstico	Paragem Não	Mudança Ref.	Aviadas	Obs.		Produção	Paragem	Diagnóstico	Paragem Não	Mudança Ref.	Aviadas	Obs.		Produção	Paragem	Diagnóstico	Paragem Não	Mudança Ref.	Aviadas	Obs.		
06:30									15:00								22:30								
07:00									15:30								23:00								
07:30									16:00								23:30								
08:00									16:30								00:00								
08:30									17:00								00:30								
09:00									17:30								01:00								
09:30									18:00								01:30								
10:00									18:30								02:00								
10:30									19:00								02:30								
11:00									19:30								03:00								
11:30									20:00								03:30								
12:00									20:30								04:00								
12:30									21:00								04:30								
13:00									21:30								05:00								
13:30									22:00								05:30								
14:00									22:30								06:00								
14:30									23:00								06:30								
15:00									23:30																
Total (minutos)							Rúbrica:		Total (minutos)							Rúbrica:	Total (minutos)							Rúbrica:	
Referência	Peças OK	Peças NOK							Referência	Peças OK	Peças NOK						Referência	Peças OK	Peças NOK						
Total Peças OK									Total Peças OK								Total Peças OK								
Observações:																									

Figura: Formulário de Seguimento de Produção  
Fonte: Documentação interna Epedal

Anexo G

Tabela: Recolha de dados referentes à referência 94 para o cálculo do OEE  
Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																							Produção										
		Paragens Planeadas (min)				Downtime Loss								Não Planeadas											Ok		Retrabalho		Sucata		Total				
		Lanche	Refeição	Limpieza	Ensaio	Arranque	Troca e/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maq. Soldadura	Não o fio	Colocar óleo no Robot	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de paleta e ID	Caixas de cartão	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobine de fio	Qualidade	Formação	WC		Falta de gás	Outros	Observação	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
Dia	Turnos																																		
04-jan	2	20	60	60	0	20	10	5	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	10	0		1200	1190	1	15	13	8	1214	1213		
05-jan	2	20	60	60	0	10	5	0	5	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1320	1173	1	4	12	11	1333	1188		
06-jan	1	10	30	30	0	10	10	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1260	0	20	0	28	0	1308		
07-jan	2	20	60	60	0	20	5	30	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	880	1240	14	16	0	2	894	1258		
08-jan	2	20	60	60	10	20	15	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	15	0	0	25	1270	1160	6	42	0	17	1276	1219		
11-jan	2	20	60	60	0	15	15	15	60	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	30	840	1180	14	55	0	53	854	1288		
12-jan	1	10	30	30	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	5	0	0	15	5	0	0	0	0	1160	0	39	0	12	0	1211		
13-jan	2	20	60	60	0	10	5	5	0	0	0	0	0	0	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1200	1320	6	27	10	9	1216	1356		
14-jan	2	20	60	60	0	10	5	5	0	0	0	10	0	0	0	10	15	0	0	0	0	0	5	0	0	1200	1280	4	26	8	12	1212	1318		
15-jan	2	20	60	60	0	10	5	30	0	0	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	10	0	0	1120	1280	3	26	50	3	1173	1309		
18-jan	2	20	60	60	0	5	10	0	25	0	0	0	0	0	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	1320	6	11	7	3	1213	1334		
19-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1320	0	3	0	4	0	1327	0		
20-jan	2	20	60	60	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	10	15	10	0	0	30	0	0	5	0	0	1100	1320	0	6	2	1	1102	1327		
21-jan	2	20	60	60	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	5	13	0	2	0	0	5	0	5	0	0	1240	1120	0	54	0	2	1240	1176		
22-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Só trabalhou 90 min	80	0	0	0	0	80	0		
25-jan	1	10	30	30	0	10	5	0	45	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1200	0	15	0	2	0	1217		
26-jan	1	10	30	30	0	10	10	0	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	0	41	0	8	0	1249		
27-jan	1	10	30	25	0	15	5	0	260	0	0	20	0	0	0	5	0	0	0	0	10	0	0	0	0	440	0	0	0	17	0	457	0		
28-jan	1	10	30	30	0	5	5	5	15	0	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	5	0	10	0	1190	0	17	0	14	0	1221		
29-jan	2	20	60	60	0	0	0	15	40	0	0	0	0	0	5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	105	920	1210	25	1	28	31	973	1242		
Total		32	320	960	955	10	200	130	115	845	0	0	40	0	0	80	188	35	12	0	30	30	20	60	0	185									
Média		10	30	29,84	0,31	6,25	4,06	3,59	26,41	0	0	1,25	0,00	0,00	2,50	5,88	1,09	0,38	0,00	0,94	0,94	0,63	1,88	0,0	5,78	1022,000	1223,706					1037,600	1260,824		

Anexo H

Tabela: Recolha de dados referentes à referência 97 para o cálculo do OEE  
Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																								Produção									
		Paragens Planeadas				Downtime Loss									Não Planeadas											Ok		Retrabalho		Sucata		Total			
Dia	Turnos	Lanche	Refeição	Limpeza	Ensaio	Arranque	Troca/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maq. Soldadura	Nó no fio	Colocar óleo no Robot	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de palete e ID	Caixas de cartão	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobine de fio	Qualidade	Formação	WC	Falta de gás	Outros	Observação	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	
04-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	20	0	0	0	0	5	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0		1102	0	0	0	0	0	1102	0	
05-jan	2	20	60	60	0	10	25	0	0	0	0	10	0	0	5	15	15	0	0	0	0	0	5	0	0		1026	1320	1	16	0	0	1027	1336	
06-jan	2	20	60	60	0	10	5	0	25	0	0	0	0	0	5	5	10	0	0	0	5	0	0	0	0		1320	1152	2	10	0	2	1322	1164	
07-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	0	0	0	0	5	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	15	0		1080	0	1	0	4	0	1085	0	
08-jan	2	20	60	60	0	10	10	0	0	0	0	15	10	0	5	15	0	5	5	0	0	0	0	0	10		1210	1320	1	0	1	0	1212	1320	
11-jan	2	20	60	60	0	20	10	0	0	0	0	0	75	0	0	20	0	0	0	0	0	0	5	0	0		1160	1400	1	0	1	0	1162	1400	
12-jan	2	20	60	60	0	10	0	0	0	0	0	10	25	0	10	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0		1320	1375	1	0	1	0	1322	1375	
13-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1320	0	0	0	0	0	1320	0	
14-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	10	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1050	0	1	0	8	0	1059	0	
15-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1120	0	2	0	0	0	1122	0	
18-jan	2	20	60	60	0	10	0	0	0	0	0	0	155	0	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0		960	1040	1	0	1	0	962	1040	
19-jan	2	20	60	60	0	10	10	0	0	0	0	10	0	0	10	20	0	5	0	0	0	0	5	0	0		1200	1320	1	4	0	0	1201	1324	
20-jan	1	10	30	30	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	5	0	10		1060	0	2	0	7	0	1069	0	
21-jan	2	20	60	60	0	10	5	0	0	0	0	0	5	0	10	10	20	0	0	0	0	0	10	0	0		1044	1076	0	1	0	0	1044	1077	
22-jan	2	20	60	60	0	15	5	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	55		1008	1120	0	3	1	11	1009	1134	
25-jan	2	20	60	60	0	20	15	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5		1140	1320	0	0	0	1	1140	1321	
26-jan	2	20	60	60	0	15	10	0	0	0	0	0	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1320	240	0	0	0	0	1320	240	
27-jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
28-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1285	0	0	0	0	0	1285	0
29-jan	2	20	60	60	30	25	5	0	0	0	0	0	45	0	15	5	0	0	0	0	0	10	0	0	15		1080	1081	0	4	0	0	1080	1085	
Total	31	310	930	930	30	200	125	0	35	20	0	65	690	0	95	190	75	10	5	0	5	10	55	15	105										
Média		10	30	30	0,97	6,45	4,03	0	1,13	0,65	0,00	2,10	22,26	0,00	3,06	6,13	2,42	0,32	0,16	0	0,16	0,32	1,77	0,48	3,39		1140,000	1157,615					1142,111	1161,615	

Anexo I

Tabela: Recolha de dados referentes à referência 95 (Robot 38) para o cálculo do OEE

Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																					Produção											
		Paragens Planeadas			Downtime Loss								Não Planeadas										Ok		Retrabalho		Sucata		Total					
Dia	Turnos	Lanche	Refeição	Limpeza	Arranque	Troca e/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maq. Soldadura	Nó no fio	Colocar óleo no Robot	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de palete e ID	Caixas de cartão	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobine de fio	Qualidade	Formação	WC	Falta de gás	Outros	Observação	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	
04-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0	0	0	0	15	0	0	0		1159	1177	5	0	1	3	1165	1180	
05-jan	1	10	30	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		0	0	0		0	1077	0	2	0	6	0	1085	
06-jan	1	10	30	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0		0	0	0		1225	0	0	0	5	0	1230	0	
07-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	15	0	10	10	0	0	0	0	0		0	10	0		1184	1225	0	0	6	5	1190	1230	
08-jan	2	20	60	60	10	0	0	10	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1251	1230	2	4	2	6	1255	1240	
11-jan	2	20	60	60	10	5	0	190	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		607	1289	3	0	0	6	610	1295	
12-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1121	1123	0	0	9	7	1130	1130	
13-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1242	1124	0	0	8	6	1250	1130	
14-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		940	1227	2	1	3	2	945	1230	
15-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	40	0	0	0	0	5	10	0	0	0	60	0		0	0	0		961	1051	2	1	2	3	965	1055	
18-jan	2	20	60	60	10	5	0	15	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	10		1234	1202	3	4	3	4	1240	1210	
19-jan	2	20	60	60	10	10	0	60	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0		959	1188	1	1	0	1	960	1190	
20-jan	2	20	60	60	10	0	0	50	0	0	15	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1100	1124	0	3	0	3	1100	1130	
21-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1200	1200	0	0	0	0	1200	1200	
22-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1250	1190	2	5	1	6	1253	1201	
25-jan	2	20	60	60	10	0	0	10	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	15		1000	1280	0	4	1	3	1001	1287	
26-jan	2	20	60	60	10	5	0	30	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0		1240	1140	5	6	19	5	1264	1151	
27-jan	1	10	30	30	5	0	0	210	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		0	0	0		1200	0	1	0	15	0	1216	0	
28-jan	1	10	30	30	5	0	0	35	40	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0		0	0	0		0	1000	0	6	0	0	0	1006	
29-jan	1	10	30	30	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	1040	0	4	0	5	0	1049	
Total	35	350	1050	1050	170	45	0	610	95	0	25	15	0	125	170	0	0	0	60	0	15	0	10	25										
Média		10	30	30	4,857143	1,29	0	17,43	2,71	0,00	0,71	0,43	0,00	3,57	4,86	0	0	0	1,71	0,00	0,43	0	0,29	0,71		1110,176	1160,389					1116,118	1166,611	

Anexo J

Tabela: Recolha de dados referentes à referência 95 (Robot 47) para o cálculo do OEE  
Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																					Produção										
		Paragens Planeadas			Downtime Loss									Não Planeadas									Ok		Retrabalho		Sucata		Total				
Dia	Turnos	Lanche	Refeição	Limpeza	Arranque	Troca e/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maquina	Nó no fio	Colocar óleo no Robô	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de palete e ID	Caixas de cartão	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobine de fio	Qualidade	Formação	WC	Falta de gás	Outros	Observação	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno
04-jan	2	20	60	60	10	5	0	65	0	0	0	0	0	15	10	0	0	0	0	0	15	0	0	0	1099	1196	5	0	1	4	1105	1200	
05-jan	1	10	30	30	5	0	0	270	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		0	0	0	0	418	0	2	0	0	0	420	
06-jan	1	10	30	30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0		0	0	0	1319	0	1	0	5	0	1325	0	
07-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	15	0	10	10	0	0	0	0	0		0	10	0	1119	1199	0	1	6	5	1125	1205	
08-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1200	1199	3	5	2	6	1205	1210	
11-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1249	1192	3	1	3	7	1255	1200	
12-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1261	1197	0	0	9	8	1270	1205	
13-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1161	1199	0	0	9	6	1170	1205	
14-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	10	0		0	0	0	1190	1227	2	1	4	3	1195	1230	
15-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1246	1246	2	1	2	3	1250	1250	
18-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	10	1224	1192	3	4	3	4	1230	1200	
19-jan	2	20	60	60	10	10	0	40	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1059	1187	1	1	0	2	1060	1190	
20-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	15	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1250	1233	5	4	0	3	1255	1240	
21-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1200	1200	0	0	0	0	1200	1200	
22-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1250	1190	3	6	1	6	1254	1202	
25-jan	2	20	60	60	10	0	0	35	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0		0	0	15	1000	1280	1	4	1	4	1002	1288	
26-jan	2	20	60	60	10	5	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0	1240	1140	5	6	20	5	1265	1151	
27-jan	1	10	30	30	5	0	0	210	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		0	0	0	1200	0	1	0	15	0	1216	0	
28-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0		0	0	0	834	1042	0	6	0	1	834	1049	
29-jan	1	10	30	30	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1200	0	4	0	5	0	1209	
Total	36	360	1080	1080	175	40	0	620	15	0	25	15	0	125	175	0	0	0	10	0	15	0	10	25									
Média		10	30	30	4,86111	1,11	0	17,22	0,41666667	0	0,69	0,42	0,00	3,47	4,86	0	0	0	0,28	0,00	0,42	0	0,28	0,69	1172,278	1152,056					1178,667	1158,556	

Anexo K

Tabela: Dados extrapolados referentes às referências 181/182 para o cálculo do OEE

Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																							Produção									
		Paragens Planeadas (min)				Downtime Loss									Não Planeadas										Ok		Retrabalho		Sucata		Total			
		Lanche	Refeição	Limpeza	Ensaio	Arranque	Troca e/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maq. Soldadura	Nó no fio	Colocar óleo no Robot	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de palete e ID	Caixas de cartão	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobine de fio	Qualidade	Formação	WC	Falta de gás	Outros	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	
Dia	Turnos																																	
04-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	20	0	0	0	0	5	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1102	0	0	0	0	0	0	1102	0
05-jan	2	20	60	60	0	10	25	0	0	0	0	10	0	0	5	15	15	0	0	0	0	0	5	0	0	1026	1320	1	16	0	0	1027	1336	
06-jan	2	20	60	60	0	10	5	0	25	0	0	0	0	0	5	5	10	0	0	0	5	0	0	0	1320	1152	2	10	0	2	1322	1164		
07-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	0	0	0	0	5	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	15	0	1080	0	1	0	4	0	1085	0	
08-jan	2	20	60	60	0	10	10	0	0	0	0	15	10	0	5	15	0	5	5	0	0	0	0	0	10	1210	1320	1	0	1	0	1212	1320	
11-jan	2	20	60	60	0	20	10	0	0	0	0	0	75	0	0	20	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1160	1400	1	0	1	0	1162	1400	
12-jan	2	20	60	60	0	10	0	0	0	0	0	10	25	0	10	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1320	1375	1	0	1	0	1322	1375	
13-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1320	0	0	0	0	0	1320	0	
14-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	10	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1050	0	1	0	8	0	1059	0	
15-jan	1	10	30	30	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1120	0	2	0	0	0	1122	0	
18-jan	2	20	60	60	0	10	0	0	0	0	0	0	155	0	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	960	1040	1	0	1	0	962	1040	
19-jan	2	20	60	60	0	10	10	0	0	0	0	10	0	0	10	20	0	5	0	0	0	0	5	0	0	1200	1320	1	4	0	0	1201	1324	
20-jan	1	10	30	30	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	10	1060	0	2	0	7	0	1069	0	
21-jan	2	20	60	60	0	10	5	0	0	0	0	0	5	0	10	10	20	0	0	0	0	0	10	0	0	1044	1076	0	1	0	0	1044	1077	
22-jan	2	20	60	60	0	15	5	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	55	1008	1120	0	3	1	11	1009	1134	
25-jan	2	20	60	60	0	20	15	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1140	1320	0	0	0	1	1140	1321	
26-jan	2	20	60	60	0	15	10	0	0	0	0	0	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1320	240	0	0	0	0	1320	240	
27-jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28-jan	1	10	30	30	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1285	0	0	0	0	0	0	1285
29-jan	2	20	60	60	30	25	5	0	0	0	0	0	45	0	15	5	0	0	0	0	0	10	0	15	1080	1081	0	4	0	0	1080	1085		
Totais	31	310	930	930	30	200	125	0	35	20	0	65	690	0	95	190	65	10	5	0	5	10	55	15	105									
Média		10	30	30	0,97	6,45	4,03	0,00	1,13	0,65	0,00	2,10	22,26	0,00	3,06	6,13	2,10	0,32	0,16	0	0,16	0,32	1,77	0,48	3,39	1140,00	1157,615					1142,111	1161,615	

Anexo L

Tabela: Dados extrapolados referentes à referência 69 para o cálculo do OEE  
Fonte: Própria

		Paragens (em minutos)																				Produção										
		Paragens Planeadas			Downtime Loss								Não Planeadas									Ok		Retrabalho		Sucata		Total				
Dia	Turnos	Lanche	Refeição	Limpeza	Arranque	Troca e/ou limpeza do bico	Ajuste trajetória	Problemas Maq. Soldadura	Nó no fio	Colocar óleo no Robot	Colocar óleo no túnel	Problemas no túnel	Falta de Material	Abastecimento do posto	Troca de paletes e ID	Trocar O.F	Imprimir F.A	Trocar bobinas de fio	Qualidade	Formação	WC	Falta de gás	Outros	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	1º turno	2º turno	
04-jan	1	10	30	30	5	10	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	397	0	5	0	1	0	403	0	
05-jan	2	20	60	60	10	5	0	5	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	5	0	390	401	2	3	0	0	392	404	
06-jan	2	20	60	60	10	10	5	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	5	0	0	0	0	375	400	1	0	0	1	376	401	
07-jan	1	10	30	30	5	5	30	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	10	15	0	410	0	0	0	0	0	410	0	
08-jan	2	20	60	60	10	15	0	0	0	0	0	0	0	10	10	5	5	0	0	0	0	0	10	412	389	0	1	0	0	412	390	
11-jan	2	20	60	60	20	15	15	60	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	5	0	395	400	5	0	2	2	402	402	
12-jan	2	20	60	60	10	10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	5	0	402	410	3	0	0	0	405	410	
13-jan	1	10	30	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	412	0	0	0	1	0	413	0	
14-jan	1	10	30	30	5	5	5	0	0	0	10	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	10	390	0	0	0	0	0	390	0	
15-jan	1	10	30	30	5	5	30	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	401	0	3	0	0	0	404	0	
18-jan	2	20	60	60	10	10	0	25	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	416	408	0	4	1	1	417	413	
19-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	5	0	0	0	0	0	5	0	405	389	0	0	0	0	405	389	
20-jan	1	10	30	30	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	420	0	1	0	0	0	421	0	
21-jan	2	20	60	60	10	0	0	0	0	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	402	405	2	1	0	0	404	406	
22-jan	2	20	60	60	15	0	0	380	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	10	405	1	1	0	0	11	406	
25-jan	2	20	60	60	20	5	0	45	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	5	410	350	0	0	0	0	410	350	
26-jan	2	20	60	60	15	10	0	15	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	400	390	1	0	0	2	401	392	
27-jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28-jan	1	10	30	30	5	5	5	15	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	410	0	1	0	0	0	0	411
29-jan	2	20	60	60	25	0	15	40	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	10	0	15	390	370	1	5	0	4	391	379		
Total	31	310	930	930	200	125	115	585	0	0	20	0	0	140	155	10	5	0	5	10	55	15,00	105									
Média		10	30	30	6,45	4,03	3,71	18,87	0,0	0,00	0,65	0,00	0,00	4,52	5,00	0,32	0,16	0,00	0,16	0,32	1,77	0,48	3,39	379,833	394,385			381,500	396,3846			

## Anexo M

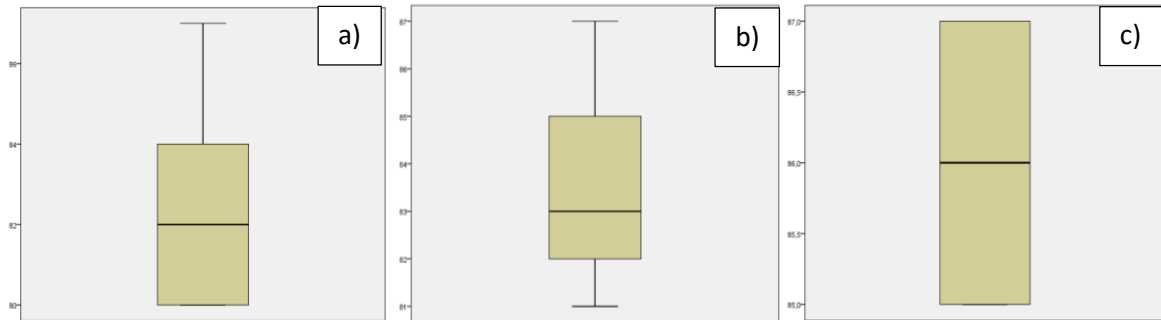


Figura: a) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo atualizado do Robot 52; b) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo atualizado Robot 3; c) Caixa de bigodes para a distribuição do tempo de ciclo atualizado do Robot 47

Fonte: Própria

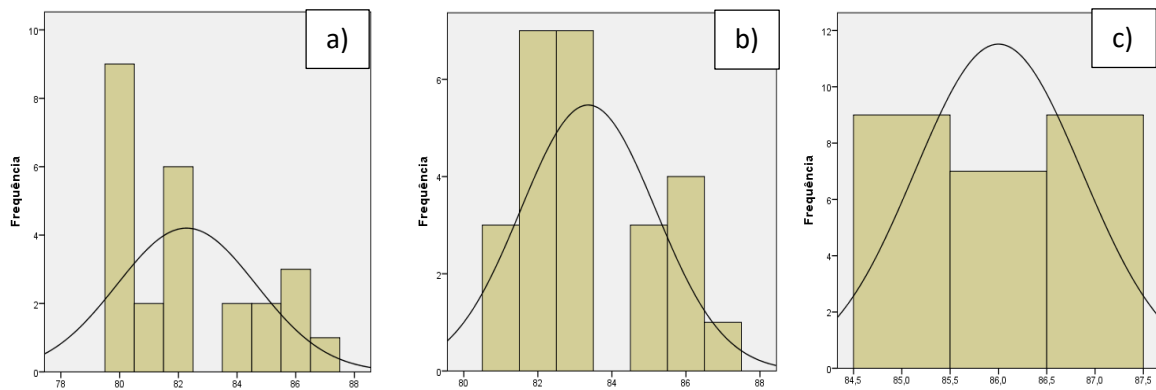


Figura: a) Distribuição amostral do tempo de ciclo atualizado do Robot 52; b) Distribuição amostral do tempo de ciclo atualizado do Robot 3; c) e d) Distribuição amostral do tempo de ciclo atualizado do Robot 47

Fonte: Própria



## Anexo N – Teste de Aderência K-S para as amostras atualizadas

*Tabela: Teste de Normalidade para as amostras atualizadas*

Fonte: Própria

### Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
TempoCicloRobot52Atualizado	,227	25	,002	,841	25	,001
TempoCicloRobot3Atualizado	,258	25	,000	,879	25	,007
TempoCicloRobot47Atualizado	,236	25	,001	,781	25	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

*Tabela: Teste de aderência K-S para amostra atualizada do Robot 52*

Fonte: Própria

### Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot52Atualizado é normal com média 82 e desvio padrão 2,372.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,002 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot52Atualizado é uniforme com o mínimo de 80 e o máximo de 87.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot52Atualizado é Poisson com média 82.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot52Atualizado é exponencial com média 82.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

*Tabela: Teste de aderência K-S para amostra atualizada do Robot 3*

Fonte: Própria

### Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot3Atualizado é normal com média 83 e desvio padrão 1,823.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot3Atualizado é uniforme com o mínimo de 81 e o máximo de 87.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,005 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot3Atualizado é Poisson com média 83.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot3Atualizado é exponencial com média 83.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

*Tabela: Teste de aderência K-S para amostra atualizada do Robot 47*

Fonte: Própria

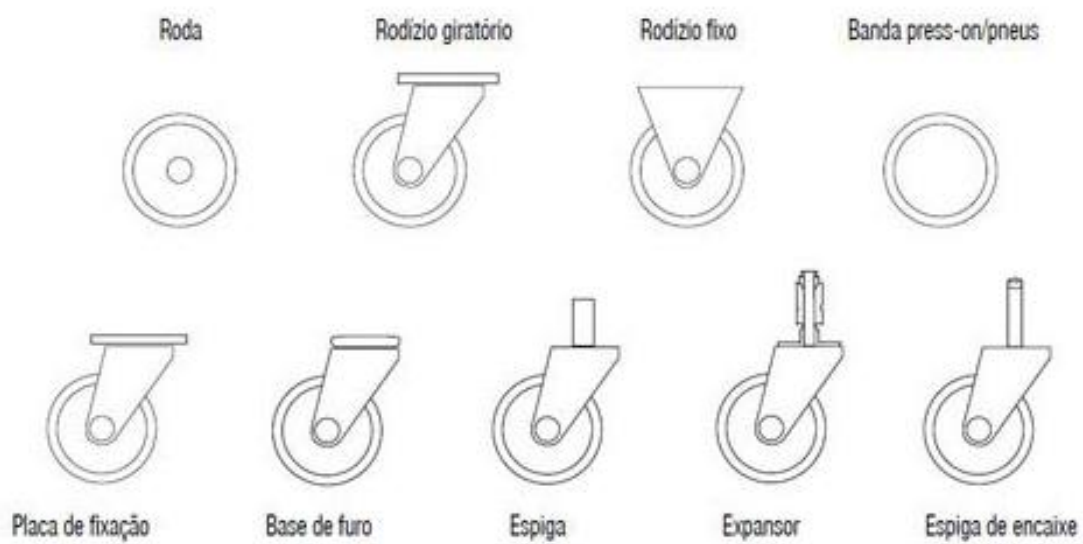
### Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de TempoCicloRobot47Atualizado é normal com média 86 e desvio padrão 0,866.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,001 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de TempoCicloRobot47Atualizado é uniforme com o mínimo de 85 e o máximo de 87.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,003 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de TempoCicloRobot47Atualizado é Poisson com média 86.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de TempoCicloRobot47Atualizado é exponencial com média 86.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	,000 <sup>1</sup>	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

<sup>1</sup>Lilliefors Corrigido

## Anexo O



*Figura: Terminologia referente aos rodízios*  
Fonte: Rodalgés (n.d.)

## Anexo P



*Figura: Disposição de rodízios em equipamentos*  
 Fonte: Novex (n.d.)

## Anexo Q

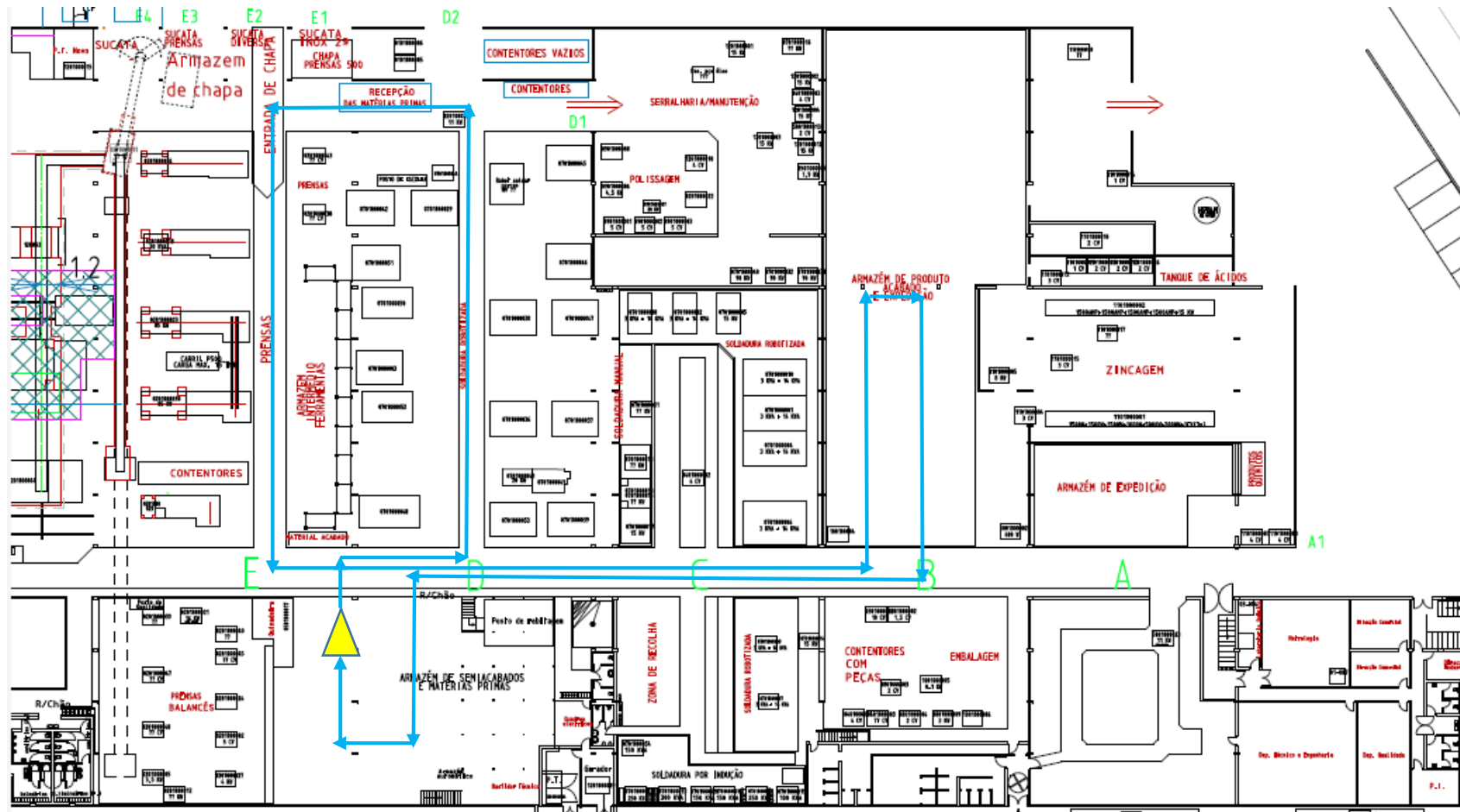


Figura: Circuito C1

Fonte: Própria

This detailed floor plan illustrates the layout of a factory, showing various departments and the flow of materials. The plan is divided into several main sections:

- Top Left:** Includes an "Armazém de chapa" (Sheet Metal Warehouse) and a "RECEPÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS" (Raw Material Reception) area. It also shows "SUCATA" (Scrap) areas and "CONTÊINERES VÁZIOS" (Empty Containers).
- Top Center:** Features a "SERRALHARIA/MANUTENÇÃO" (Machining/Maintenance) department and a "POLISSAGEM" (Polishing) area.
- Top Right:** Contains a "TANQUE DE ÁCIDOS" (Acid Tank) and a "ZINCAGEM" (Zinc Plating) department.
- Bottom Left:** Includes a "ZONA DE RECOLHA" (Collection Zone) and a "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room).
- Bottom Center:** Features a "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room) and a "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room).
- Bottom Right:** Includes a "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room) and a "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room).

Material flow paths are indicated by colored arrows: red for general flow, green for specific paths, and purple for a complex network of flows. The plan also shows various storage areas, including "ARMAZÉM DE PRODUTO ACABADO" (Finished Product Warehouse) and "ARMAZÉM DE SEMIACABADOS E MATERIAS PRIMAS" (Semi-finished and Raw Materials Warehouse). Other labels include "CONTÊINERES COM PEÇAS" (Containers with Parts), "ENSALGAMENTO" (Pickling), and "SALA DE REUNIÃO" (Meeting Room).

Figura: Circuito C2  
Fonte: Própria

## Anexo S

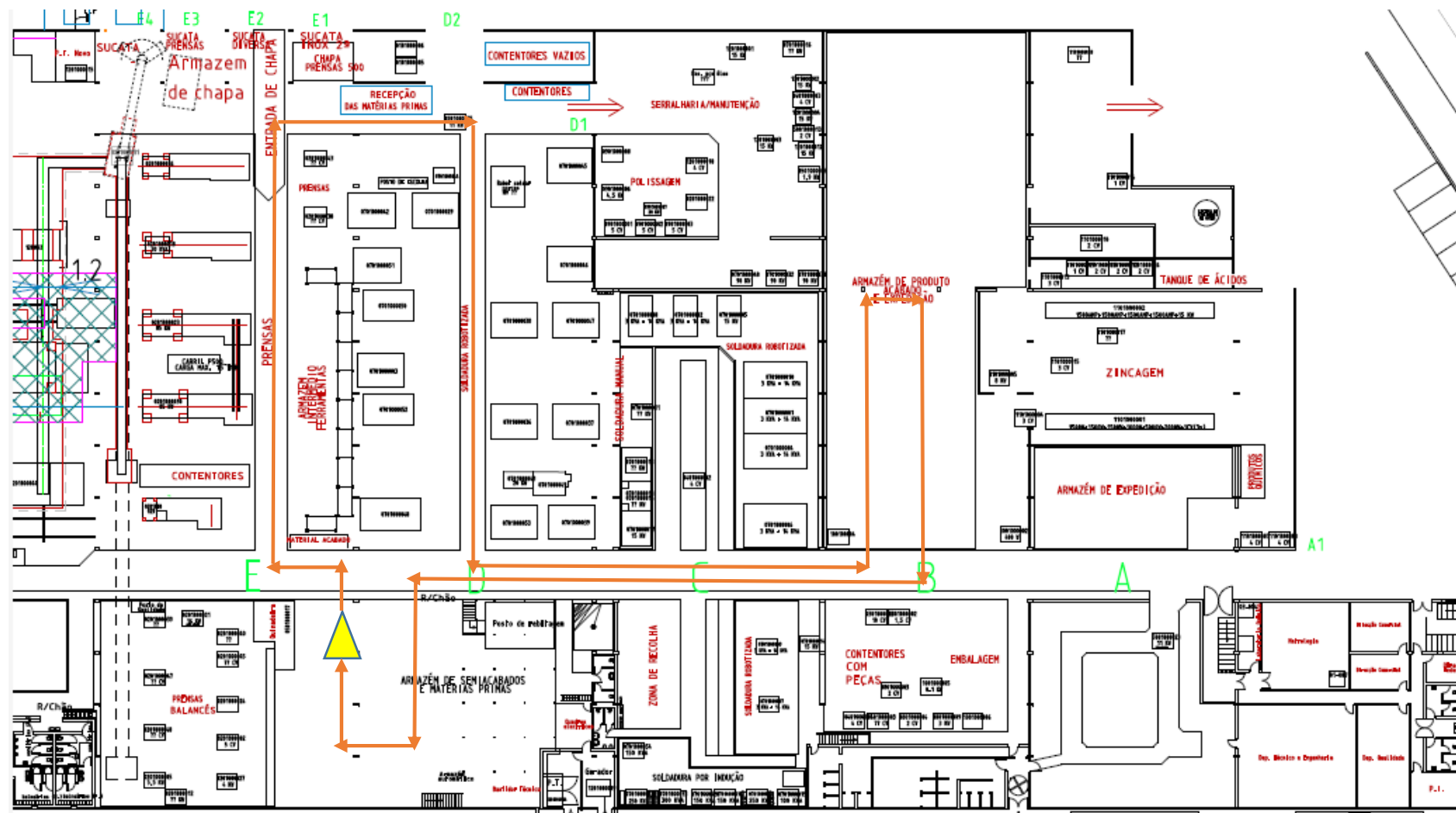
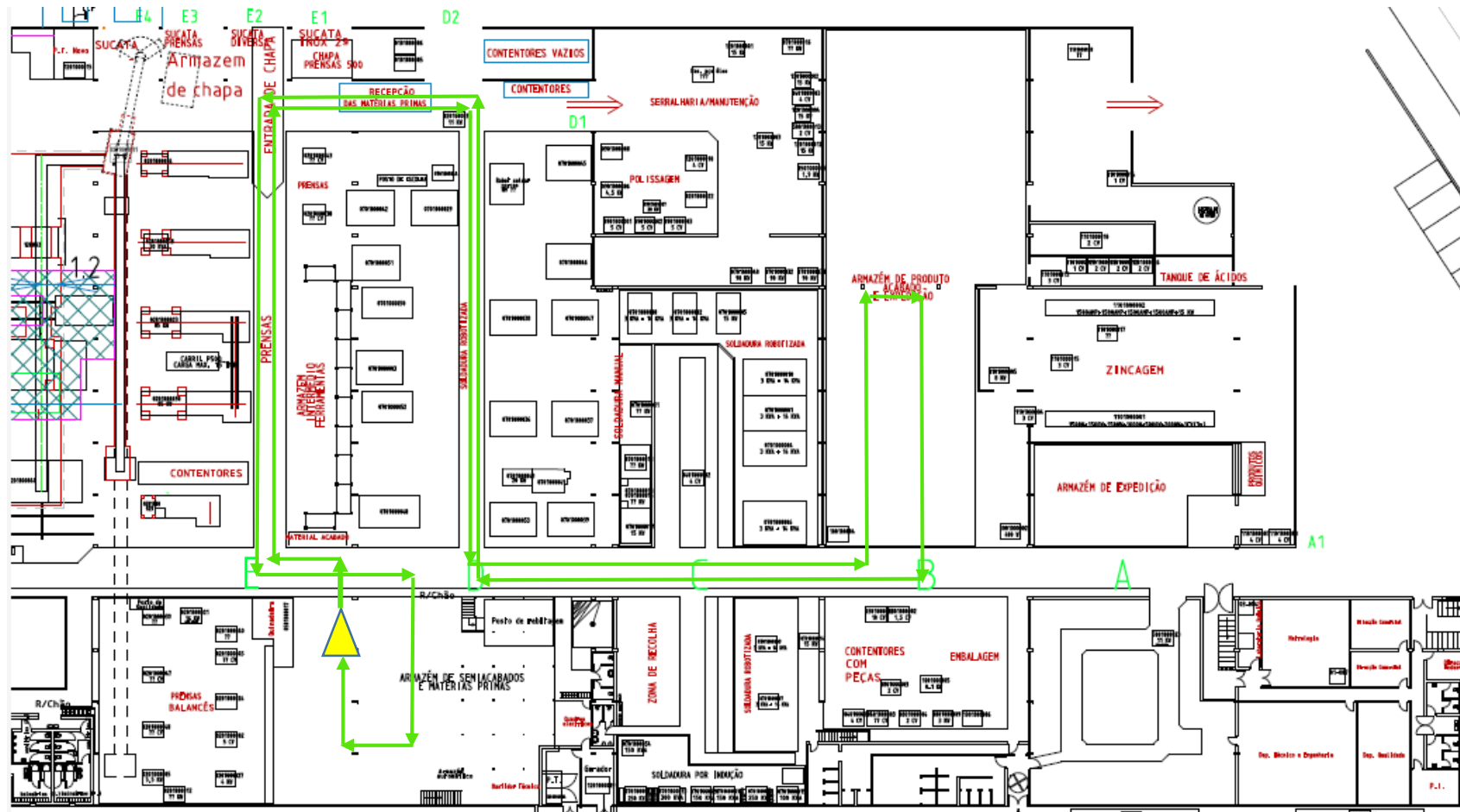


Figura: Circuito C3

Fonte: Própria

## Anexo T



*Figura: Circuito C4*  
Fonte: Própria

**Anexo U**

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema manual atual*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Empilhador	1	25.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	322 H	21.252,00 € (estimativa)	Contrato da manutenção empilhador + stacker	1	2.807,60 € (dados históricos)	49.059,60 €
2	Túnel de olear	6	90.000,00 € (dados históricos)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento/recolha	1584 H	17.424,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva dos túneis	240	2.640,00 € (dados históricos)	110.064,00 €
3	Stacker	1	10.000,00 € (orçamento)	Afetação do Ramiro ao processo de abastecimento/recolha	162 H	1.782,00 € (estimativa)				11.782,00 €
4	Porta paletes	1	250,00 € (orçamento)	Consumo de gasóleo	138 L	138,00 € (estimativa)				388,00 €
5	Formação equipa armazém	1 H	33,00 € (estimativa)							
<b>Total</b>			125.283,00 €			40.596,00 €			5.447,60 €	171.293,60 €



## Anexo V

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema manual comboio logístico*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0 H	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagens	4	1.200,00 € (estimativa)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento/recolha	11193,6 H	123.129,60 € (estimativa)	Manutenção preventiva dos túneis	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	126.969,60 €
3	Bordos de linha	6	2.397,96 € (orçamento)							2.397,96 €
4	Túnel de olear	6	90.000,00 € (dados históricos)							90.000,00 €
5	Formação operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
<b>Total</b>			105.685,96 €			123.129,60 €			4.116,00 €	<b>232.931,56 €</b>

**Anexo W**

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema combinado de manual comboio logístico e automático (transportador aéreo)*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0 H	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagens	2	600,00 € (estimativa)	2 operadores dedicados à recolha	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do túnel	40 H	440,00 € (estimativa)	186.918,00 €
3	Bordos de linha	6	2.397,96 € (orçamento)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento/recolha	5350,4 H	58.854,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	61.692,36 €
4	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)							20.707,97 €
5	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)							5.261,88 €
6	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
7	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.000,00 €
8	Contador	6	360,00€ (orçamento)							360,00 €
9	Porta paletes	1	250,00 € (orçamento)							250,00 €
10	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
11	Formação do operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
<b>Total</b>			90.899,48 €			244.732,40 €			2.356,00 €	<b>337.987,88 €</b>

## Anexo X

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema combinado de manual atual e automático (transportador aéreo)*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	129 H	8.514,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do túnel	40 H	440,00 € (estimativa)	29.661,97 €
2	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)	2 operadores dedicados à recolha	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Contrato da manutenção empilhador + stacker	1	2.807,60 € (dados históricos)	193.925,48 €
3	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)	Afetação do Ramiro ao processo de abastecimento	32 H	352,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	19.849,67 €
4	Contador	6	360,00€ (orçamento)	Consumo de gasóleo	28 L	28,00 € (estimativa)				360,00 €
5	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.028,00 €
6	Empilhador	1	25.000,00 € (orçamento)							25.000,00 €
7	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
8	Stacker	1	10.000,00 € (orçamento)							10.000,00 €
<b>Total</b>			110.563,52 €			194.750,00 €			3.687,60 €	<b>309.001,12 €</b>

## Anexo Y

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema combinado automático (tapete rolante) e manual comboio logístico*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagem	3	900,00 € (estimativa)	2 operadores dedicados	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do túnel	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	189.396,00 €
3	Túnel de olear	6	90.000,00 € (dados históricos)				Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	90.440,00 €
4	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)							50.511,11 €
5	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)							5.173,56 €
6	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
7	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
8	Formação do operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
<b>Total</b>			177.906,34 €			185.856,00 €			4.556,00 €	<b>368.318,34 €</b>

## Anexo Z

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema combinado automático (tapete rolante) e manual atual*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	193 H	12.738,00 € (estimativa)	Contrato de manutenção do empilhador	1	2.286,28 € (dados históricos)	65.535,39 €
2	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento	4505,6 H	49.561,60 € (estimativa)	Manutenção preventiva do túnel	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	57.375,16 €
3	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)	Afetação do Ramiro	113 H	1.243,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	20.740,67 €
4	Túnel de olear	6	90.000,00 € (dados históricos)	Consumo de gasóleo	97 L	97,00 € (estimativa)				90.097,00 €
5	Empilhador	1	25.000,00 € (orçamento)							25.000,00 €
6	Porta paletes	1	250,00 € (orçamento)							
7	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							
<b>Total</b>			190.168,34 €			63.639,60 €			5.366,28 €	<b>258.748,22 €</b>

## Anexo AA

*Tabela: Análise TCO do investimento total para sistema automático*  
Fonte: Própria

Índice	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0	0,00 €	Manutenção preventiva do túnel	40 H	440,00 € (estimativa)	50.951,11 €
2	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)	2 operadores dedicados	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do sistema transportador	80 H	880,00 € (estimativa)	207.443,97 €
3	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)							5.261,88 €
4	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)							5.173,56 €
5	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
	Contador	6	360,00 € (orçamento)							360,00 €
6	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.000,00 €
7	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
<b>Total</b>			131.248,19 €						1.320,00 €	<b>318.424,19 €</b>

## Anexo AB

*Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema manual atual*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Túnel de olear	2	30.000,00 € (dados históricos)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	322 H	21.252,00 € (estimativa)	Contrato da manutenção empilhador + stacker	1	2.807,60 € (dados históricos)	54.059,60 €
2				Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento/recolha	1584 H	17.424,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva dos túneis	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	20.064,00 €
3				Afetação do Ramiro ao processo de abastecimento/recolha	162 H	1.782,00 € (estimativa)				1.782,00 €
4				Consumo de gasóleo	138 L	138,00 € (estimativa)				138,00 €
<b>Total</b>			30.000,00 €			40.596,00 €			5.447,60 €	<b>76.043,60 €</b>

## Anexo AC

*Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema manual comboio logístico*

Fonte: Própria

Item	Descrição									
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0 H	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagens	4	1.200,00 € (estimativa)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento/recolha	11193,6 H	123.129,60 € (estimativa)	Manutenção preventiva dos túneis	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	126.969,60 €
3	Túnel de olear	2	30.000,00 € (dados históricos)							30.000,00 €
4	Bordos de linha	6	2.397,96 € (orçamento)							2.397,96 €
5	Formação operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
<b>Total</b>			45.685,96 €			123.129,60 €			4.116,00 €	172.931,56 €



## Anexo AD

Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema combinado manual comboio logístico e automático (transportador aéreo)

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0 H	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagens	2	600,00 € (estimativa)	2 operadores dedicados à recolha	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do túnel	40	440,00 € (estimativa)	186.896,00 €
3	Bordos de linha	6	2.397,96 € (orçamento)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento	5068,8 H	55.759,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40	440,00 € (estimativa)	58.596,96 €
4	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.000,00 €
5	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)							20.707,97 €
6	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)							5.261,88 €
7	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
8	Contador	6	360,00 € (orçamento)							360,00 €
9	Porta paletes	1	250,00 € (orçamento)							250,00 €
10	Formação do operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
11	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
Total			90.899,48 €			241.615,00 €			2.356,00 €	334.870,48 €

## Anexo AE

Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema combinado manual atual e automático (transportador aéreo)

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	129 H	8.514,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do túnel	40 H	440,00 € (estimativa)	29.661,97 €
2	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)	2 operadores dedicados à recolha	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Contrato da manutenção empilhador + stacker	1	2.807,60 € (dados históricos)	193.925,48 €
3	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)	Afetação do Ramiro ao processo de abastecimento	32 H	352,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	19.849,67 €
4	Contador	6	360,00 € (orçamento)	Consumo de gasóleo	28 L	28,00 € (estimativa)				360,00 €
5	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.028,00 €
6	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
7	Stacker	1	10.000,00 € (orçamento)							10.000,00 €
<b>Total</b>			85.563,52 €			194.750,00 €			3.687,60 €	284.001,12 €

**Anexo AF**

*Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema combinado automático (tapete rolante) e manual comboio logístico*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Reboque	1	12.000,00 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0	0,00 €	Contrato manutenção comboio	1	1.476,00 € (orçamento)	13.476,00 €
2	Carruagem	3	900,00 € (estimativa)	2 operadores dedicados	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do túnel	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	189.396,00 €
3	Túnel de olear	2	30.000,00 € (dados históricos)				Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	30.440,00 €
4	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)							50.511,11 €
5	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)							5.173,56 €
6	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
7	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
8	Formação do operador logístico	4 H	88,00 € (estimativa)							88,00 €
<b>Total</b>			117.906,34 €			185.856,00 €			4.556,00 €	<b>308.318,34 €</b>

## Anexo AG

*Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema combinado automático (tapete rolante) e manual atual*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	193 H	12.738,00 € (estimativa)	Contrato de manutenção do empilhador	1	2.286,28 € (dados históricos)	65.535,39 €
2	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)	Afetação da colab. de armazém ao processo de abastecimento	4505,6 H	49.561,60 € (estimativa)	Manutenção preventiva do túnel	240 H	2.640,00 € (dados históricos)	57.375,16 €
3	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)	Afetação do Ramiro ao processo de abastecimento e recolha	113 H	1.243,00 € (estimativa)	Manutenção preventiva do sistema transportador	40 H	440,00 € (estimativa)	20.740,67 €
4	Túnel de olear	2	30.000,00 € (dados históricos)	Consumo de gasóleo	97 L	97,00 € (estimativa)				30.097,00 €
5	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
<b>Total</b>			104.918,34 €			63.639,60 €			5.366,28 €	<b>173.924,22 €</b>

## Anexo AH

*Tabela: Análise TCO do investimento necessário para sistema automático*

Fonte: Própria

Item	Descrição									Total
	Aquisição	Quantidade	Valor	Operação	Quantidade	Valor	Manutenção	Quantidade	Valor	
1	Sistema de tapete rolante	1	50.511,11 € (orçamento)	Tempo despendido pelas colaboradoras da produção nas atividades de abastecimento/recolha	0	0,00 €	Manutenção preventiva do túnel	40	440,00 € (estimativa)	50.951,11 €
2	Transportador aéreo	1	20.707,97 € (orçamento)	2 operadores dedicados	16896 H	185.856,00 € (dados históricos)	Manutenção preventiva do sistema transportador	80	880,00 € (estimativa)	207.443,97 €
3	Sistema de visão	1	5.261,88 € (orçamento)							5.261,88 €
4	Sistema de leitura e escrita	1	5.173,56 € (orçamento)							5.173,56 €
5	Comando centralizado	1	19.057,67 € (orçamento)							19.057,67 €
6	Contador	6	360,00 € (orçamento)							360,00 €
7	Túnel de olear	1	30.000,00 € (dados históricos)							30.000,00 €
8	Formação do operador do armazém	8 H	176,00 € (estimativa)							176,00 €
<b>Total</b>			131.248,19 €			185.856,00 €			1.320,00 €	<b>318.424,19 €</b>

## Anexo AI

WCL - World Class Company		FOLHA DE TRABALHO PADRONIZADO			
P R O C E S S O	Designação :	94	Cliente :		Operação : 50 - Soldar/Passar a óleo/Embalar Máquina : Robot 52 Sector : Soldadura Robotizada Prazo de aprendizagem : Equipamento de segurança:
	Ref. Interna :		Obs. :		
	Ref. CLIENTE :				
	Indice Eng :				
Elaborado por :		Inês Araújo	Data (0) :	31/03/2016	
Revisado por :			Rev ( ) :		
V A R I A N T E	Produção	PaLo			
	Engenharia	LuAl LuNe			
<div> <div> <b>MODO OPERATÓRIO</b>            Descrição da Operação         </div> <div> <b>TEMPOS</b>            Tempos (seg.)            Planeta Corrente: Acopl. Máquina         </div> </div>					
<b>MODO OPERATÓRIO do OPERADOR 1</b>					
1. Abrir sessão no sistema		15	30		
2. Ver a pressão no manómetro		2	10		
3. (Ligar o túnel de lubrificar)		5	7		
4. Ligar luzes		1	3		
5. Desmontar bocal e limpar com ar. Limpar bico e suporte bico com pano		70	35		
6. Validar a soldadura de ambos os gabaris. Preencher registos (manutenção diária, folha de seguimento da produção e arranque de produção) e etiquetas, enquanto as peças estão a ser soldadas		112	5		80
7. Desmontar gabari que acabou de soldar		4	4		
8. Montar gabari		22			
9. Validar soldadura		1	2		80
10. Realizar ensaios com os calibres às 5 primeiras peças de gabari que soldou		95			
11. Desmontar segundo gabari		5	4		
12. Montar gabari		22			
13. Validar soldadura		1	2		80
14. Realizar ensaios com os calibres às 5 restantes peças, preencher registos de autocontrolo e identificar com as devidas etiquetas		137	3		
15. Desmontar gabari		5	4		
16. Montar gabari		22			
17. Validar soldadura		1	2		80
18. Inspeccionar visualmente em todas as peças os pontos 2, 3 e 4 da gama de controlo (voltar ao Ponto 15)		20			
19. Agrupar 40 peças de produto acabado, introduzindo-as no túnel (voltar ao ponto 15)		50	4		
20. A cada 40 peças que saem do túnel, proceder à troca por um KLT vazio. Caso a embalagem seja caixa de cartão IMC 60, agrupar 50 (voltar ao ponto 15)		5	12		
21. A cada 100 chapas, trocar o KLT de componentes por outro cheio (voltar ao ponto 15)		7	5		
22. A cada 300 arames, trocar o KLT de componentes por outro cheio (voltar ao ponto 15)		7	5		
23. A cada 1200 peças de produto acabado, proceder à troca da paleta (voltar ao ponto 15)		189	210		
24. Desmontar gabari		5	4		
25. Limpeza do gabari		300			
26. Abastecimento do gabari		7	5		
27. Montagem do gabari		22			
28. Rodar mesa, sem validação do Robot		15			
29. Retomar ponto 24, 25, 26 e 27		334	9		
30. Desligar luzes		1	1		
31. Realização do ensaio das peças e preenchimento de registo de autocontrolo		230	3		
32. Colocar peças no túnel e deixar na bancada caso sejam menos de 40 peças		50	4		
33. Trocar KLT à saída do túnel, por vazio		5	5		
34. (Desligar túnel)		5	2		
35. (Limpar túnel)		45	2		
36. Contabilização de peças de sucata e retrabalho		60	8		
37. Tirar os devidos ID's		95	30		
38. (Organização da bancada de trabalho)		60	20		
39. Finalizar de varrer o chão		120			
40. Preenchimento final dos registos		120	10		
<b>Legenda:</b> 1 - A azul estão representadas as atividades de arranque; 2 - A branco estão representadas as atividades que se repetem ao longo do turno; 3 - A verde estão representadas as atividades referentes à limpeza.					

Figura: Folha de trabalho padronizado para a referência 94

Adaptado de: Documentação interna Epedal

## Anexo AJ

WCC - World Class Company				FOLHA DE TRABALHO PADRONIZADO			
Designação :		97		Cliente :	Operação : 50 - Soldar/Passar a óleo/Embalar		
Ref. Interna :				Obs. :	Máquina : Robot 3		
Ref. CLIENTE :				Sector : Soldadura Robotizada		Prazo de aprendizagem :	
Indice Eng. :				Equipamento de segurança			
Elaborado por : Inês Araújo		Data (0) : 31/03/2016					
Revisado por :		Rev ( ) :					
Produção : PaLo							
Engenharia : LuAl							
Engenharia : LuNe							
MODO OPERATÓRIO				TEMPOS			
Descrição da Operação				Tempos (seg.)			
MODO OPERATÓRIO do OPERADOR 1							
1	Abriu sessão no sistema	15	40	15	40	15	40
2	Ver a pressão no manómetro	2	10	2	10	2	10
3	Desenroscar bico e limpar com ar. Limpar bico e suporte bico com pano	70	36	70	36	70	36
4	Ligar o túnel de lubrificar	2	7	2	7	2	7
5	Ligar luzes	1	3	1	3	1	3
6	Validar a soldadura de ambos os gabaris. Preencher registos (manutenção diária, folha de seguimento da produção e arranque de produção) e etiquetas, enquanto as peças estão a ser soldadas	112	2	112	2	112	2
7	Desmontar gabari que acabou de soldar	8	4	8	4	8	4
8	Montar gabari	24	2	24	2	24	2
9	Validar soldadura	2	2	2	2	2	2
10	Realizar ensaios com os calibres às 5 primeiras peças de gabari que soldou	93	2	93	2	93	2
11	Desmontar segundo gabari	8	4	8	4	8	4
12	Montar gabari	24	2	24	2	24	2
13	Validar soldadura	2	2	2	2	2	2
14	Realizar ensaios com os calibres às 5 restantes peças; preencher registos de autocontrolo e identificar com as devidas etiquetas	147	3	147	3	147	3
15	Desmontar gabari	8	4	8	4	8	4
16	Montar gabari	24	2	24	2	24	2
17	Validar soldadura	2	2	2	2	2	2
18	Inspeccionar visualmente em todas as peças os pontos 2,3 e 4 da gama de controlo (voltar ao Ponto 15)	20	2	20	2	20	2
19	Agrupar 40 peças de produto acabado, introduzindo-as no túnel (voltar ao ponto 15)	50	4	50	4	50	4
20	A cada 40 peças que saem do túnel, proceder à troca por um KLT vazio. Caso a embalagem seja caba de cartão IMC 80, agrupar 58 (voltar ao ponto 15)	5	12	5	12	5	12
21	A cada 100 chapas, trocar o KLT de componentes por outro chelo (voltar ao ponto 15)	7	5	7	5	7	5
22	A cada 300 arames, trocar o KLT de componentes por outro chelo (voltar ao ponto 15)	7	5	7	5	7	5
23	A cada 1200 peças de produto acabado, proceder à troca da paleta (voltar ao ponto 15)	189	210	189	210	189	210
24	Desmontar gabari	8	4	8	4	8	4
25	Limpeza do gabari	300	100	300	100	300	100
26	Abastecimento do gabari	7	5	7	5	7	5
27	Montagem do gabari	24	2	24	2	24	2
28	Rodar mesa, sem validação do Robot	15	100	15	100	15	100
29	Retomar ponto 24, 25, 26 e 27	339	9	339	9	339	9
30	Desligar luzes	1	1	1	1	1	1
31	Realização do ensaio das peças e preenchimento de registo de autocontrolo	224	3	224	3	224	3
32	Colocar peças no túnel e deixar na bancada caso sejam menos de 40 peças	50	4	50	4	50	4
33	Trocar KLT à saída do túnel, por vazio	5	5	5	5	5	5
34	(Desligar túnel)	5	2	5	2	5	2
35	(Limpar túnel)	45	2	45	2	45	2
36	Contabilização de peças de sucata e retrabalho	60	8	60	8	60	8
37	Tirar os devidos ID's	95	40	95	40	95	40
38	(Organização da bancada de trabalho)	60	20	60	20	60	20
39	Finalizar de varrer o chão	120	10	120	10	120	10
40	Preenchimento final dos registos	120	10	120	10	120	10
Legenda:				1 - A azul estão representadas as atividades de arranque; 2 - A branco estão representadas as atividades que se repetem ao longo do turno; 3 - A verde estão representadas as atividades referentes à limpeza.			

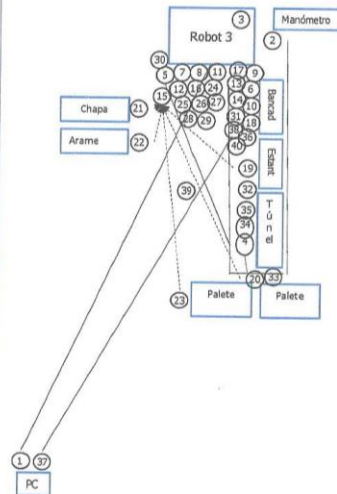


Figura: Folha de trabalho padronizado para a referência 97  
Adaptado de: Documentação interna Epedal



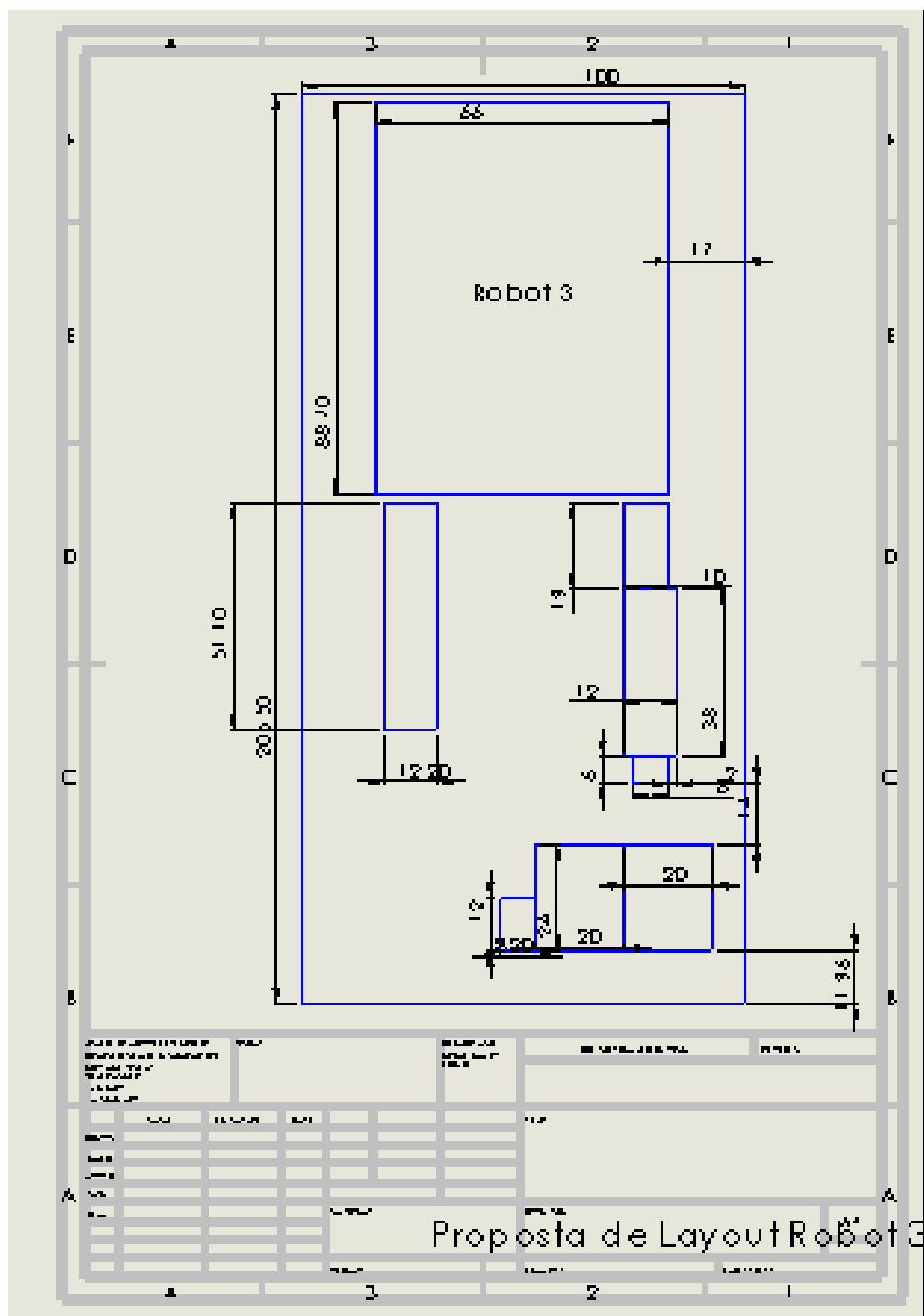
## Anexo AK

WCL - WCL4 Class Company				FOLHA DE TRABALHO PADRONIZADO			
P R O C E S S O	Designação :		Cliente :	Operação :	S0 - Soldar/Passar a óleo/Embalar	Máquina :	Robot 47/38
	Ref. Interna :	95	Obs. :	Sector :	Soldadura Robotizada	Prazo de aprendizagem :	
	Ref. CLIENTE :						
	Indice Eng. :						
V d e p e s a i d o	Elaborado por :	Inês Araújo	Data (O) :	31/03/2016			
	Revisado por :		Rev ( ) :				
	Produção	PaLo					
	Engenharia	LuAl					
MODO OPERATÓRIO				TEMPOS			
Descrição da Operação				Tempos (seg.)			
MODO OPERATÓRIO do OPERADOR 1							
1	Abrir sessão no sistema	15	22				
2	Ligar o túnel de lubrificar	2	4				
3	Ver pressão no manómetro e preenchimento de folha de manutenção diária	28	8				
4	Desenroscar bocal e limpar com ar. Limpar bico e suporte bico com pano	70	16				
5	Ligar luzes	1	3				
6	Validar a soldadura de ambos os gabarits. Preencher registos (folha de seguimento da produção e arranque de produção) e etiquetas, enquanto as peças estão a ser soldadas	92	5	85			
7	Desmontar gabariti que acabou de soldar	5	2				
8	Montar gabariti	20					
9	Validar soldadura	1	1	85			
10	Realizar ensaios com os calibres às 5 primeiras peças de gabariti que soldou	95					
11	Desmontar segundo gabariti	5	2				
12	Montar gabariti	20					
13	Validar soldadura	1	1	85			
14	Realizar ensaios com os calibres às 5 restantes peças, preencher registos de autocontrolo e identificar com as devidas etiquetas	137	2				
15	Desmontar gabariti	5	2				
16	Montar gabariti	20					
17	Validar soldadura	1	1	85			
18	Inspeccionar visualmente em todas as peças os pontos 2,3 e 4 da gama de controlo (voltar ao ponto 15)	20					
19	Agrupar 40 peças de produto acabado, introduzindo-as no túnel (voltar ao ponto 15)	50	1				
20	A cada 40 peças que saem do túnel, proceder à troca por um KLT vazio. Caso a embalagem seja caixa de cartão IMC 80, agrupar 58 (voltar ao ponto 15)	8	8				
21	A cada 100 chapas, trocar o KLT de componentes por outro chelo (voltar ao ponto 15)	10	4				
22	A cada 300 arames, trocar o KLT de componentes por outro chelo (voltar ao ponto 15)	10	4				
23	A cada 1200 peças de produto acabado, proceder à troca da paleta (voltar ao ponto 15)	189	210				
24	Desmontar gabariti	5	2				
25	Limpeza do gabariti	300					
26	Abastecimento do gabariti	10	4				
27	Montagem do gabariti	20					
28	Rodar mesa, sem validação do Robot	15					
29	Retomar ponto 24, 25, 26 e 27	335	6				
30	Desligar luzes	1	1				
31	Realização do ensaio das peças e preenchimento de registo de autocontrolo	230	3				
32	Colocar peças no túnel e deixar na bancada caso sejam menos de 40 peças	50	2				
33	Trocar KLT à saída do túnel, por vazio	8	8				
34	(Desligar túnel)	2	2				
35	(Limpar túnel)	45	2				
36	Contabilização de peças de sucata e retrabalho	60					
37	Tirar os devidos ID's	95	22				
38	(Organização da bancada de trabalho)	60	20				
39	Finalizar de varrer o chão	120	5				
40	Preenchimento final dos registos	120	2				
<b>Legenda:</b> 1 - A azul estão representadas as atividades de arranque; 2 - A branco estão representadas as atividades que se repetem ao longo do turno; 3 - A verde estão representadas as atividades referentes à limpeza.							

Figura: Folha de trabalho padronizado para a referência 95  
Adaptado de: Documentação interna Epedal



## Anexo AL



*Figura: Alteração do layout para o Robot 3 (referência 97)*

Fonte: Própria

## Anexo AM

*Tabela: Levantamento da necessidade de abastecimento e recolha para uma frequência de passagem do comboio logístico de duas horas*

Fonte: Própria

	94	97	95	95	181/182	69	Total (KLT)	Total (Peso Kg)
<b>Tempo Ciclo (Seg)</b>	80	81	85	85	60	55	-	
<b>Consumo de componentes por hora</b>	450	445	425	425	600	131	-	
<b>Número de KLT chapa</b>	6	6	6	6	12	9	45	573
<b>Número de KLT arame</b>	2	2	2	2	2	2 (1+1)	12	138
<b>Saída de KLT Produto Acabado por hora</b>	12	12	12	12	15	9	72	≈ 576
<b>Total de KLT a Abastecer</b>	8	8	8	8	14	11	<b>57</b>	<b>711</b>
<b>Total de KLT a Recolher</b>	12	12	12	12	15	9	<b>72</b>	<b>≈ 576</b>
<b>Total de KLT em Trânsito</b>	-	-	-	-	-	-	<b>129</b>	<b>≈ 855</b>

*Tabela: Duração associada ao trajeto do comboio logístico para uma frequência de passagem de duas horas*

Fonte: Própria

<b>Circuito</b>	<b>Troca de KLT de componentes no posto de trabalho e no armazém de semiacabados (segundos)</b>	<b>Troca de KLT de produto acabado no posto de trabalho e no armazém de produto acabado e expedição (segundos)</b>	<b>Total (min)</b>
C3	17 x 57 = 969 x 2 = 1938	15 x 37 = 1080 x 2 = 2160	Aprox. 70

Anexo AN

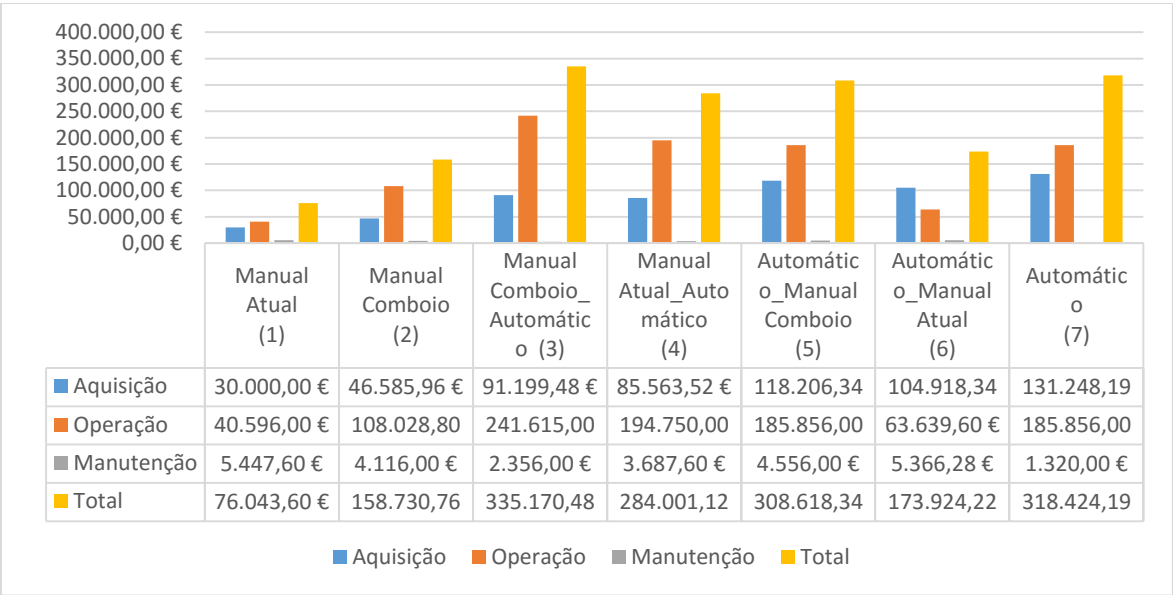


Figura: Análise TCO, considerando que o comboio logístico possui uma frequência de passagem de duas horas  
Fonte: Própria

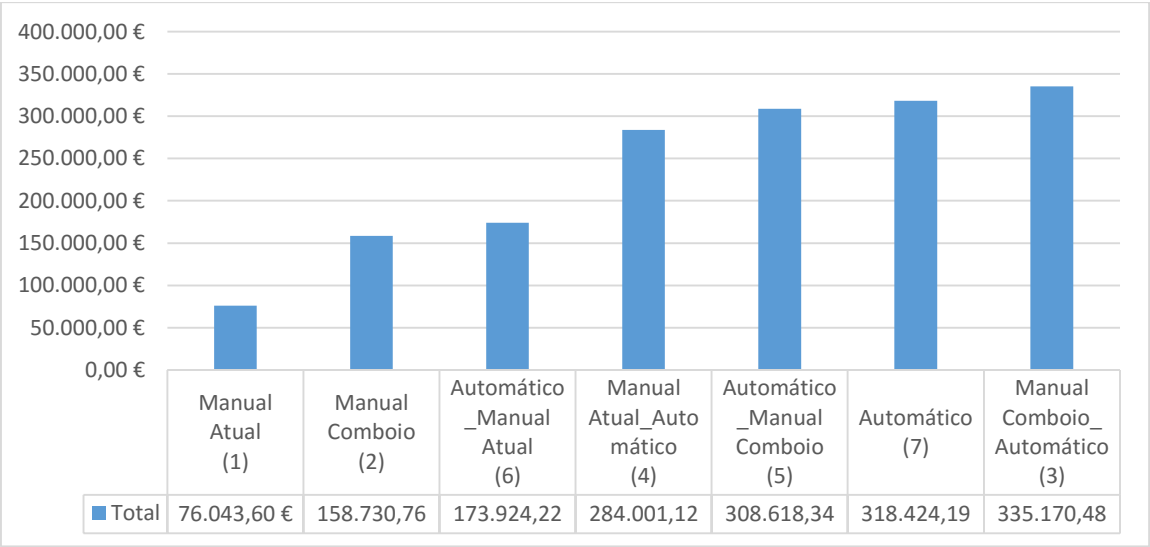


Figura: Investimento total a realizar sob a ótica TCO, considerando uma frequência de passagem do comboio logístico de duas horas  
Fonte: Própria